

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESEN

Absender: INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE

PCT

An  
SCHOPPE, ZIMMERMANN & STÖCKELER  
z.H. SCHOPPE, Fritz  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
GERMANY

*Copy of the  
International  
Search Report &  
Prior Art References*

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERMITTLUNG DES  
INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHTS  
ODER DER ERKLÄRUNG

(Regel 44.1 PCT)

sendedatum  
ig/Monat/Jahr) 25/02/2000

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts

FH991004.PCT

WEITERES VORGEHEN

siehe Punkte 1 und 4 unten

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/08134

Internationales Anmeldedatum

(Tag/Monat/Jahr) 27/10/1999

Anmelder

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER et.al.

1. ☒ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß der internationale Recherchenbericht erstellt wurde und ihm hiermit übermittelt wird.

**Einreichung von Änderungen und einer Erklärung nach Artikel 19:**

Der Anmelder kann auf eigenen Wunsch die Ansprüche der internationalen Anmeldung ändern (siehe Regel 46):

**Bis wann sind Änderungen einzureichen?**

Die Frist zur Einreichung solcher Änderungen beträgt üblicherweise zwei Monate ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts; weitere Einzelheiten sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

**Wo sind Änderungen einzureichen?**

Unmittelbar beim Internationalen Büro der WIPO, 34, CHEMIN des Colombettes, CH-1211 Genf 20,  
Telefaxnr.: (41-22) 740.14.35

Nähere Hinweise sind den Anmerkungen auf dem Beiblatt zu entnehmen.

2. ☐ Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß kein internationaler Recherchenbericht erstellt wird und daß ihm hiermit die Erklärung nach Artikel 17(2)a übermittelt wird.

3. ☐ Hinsichtlich des Widerspruchs gegen die Entrichtung einer zusätzlichen Gebühr (zusätzlicher Gebühren) nach Regel 40.2 wird dem Anmelder mitgeteilt, daß

☐ der Widerspruch und die Entscheidung hierüber zusammen mit seinem Antrag auf Übermittlung des Wortlauts sowohl des Widerspruchs als auch der Entscheidung hierüber an die Bestimmungsämter dem Internationalen Büro übermittelt worden sind.

☐ noch keine Entscheidung über den Widerspruch vorliegt; der Anmelder wird benachrichtigt, sobald eine Entscheidung getroffen wurde.

4. **Weiteres Vorgehen:** Der Anmelder wird auf folgendes aufmerksam gemacht:

Kurz nach Ablauf von 18 Monaten seit dem Prioritätsdatum wird die internationale Anmeldung vom Internationalen Büro veröffentlicht. Will der Anmelder die Veröffentlichung verhindern oder auf einen späteren Zeitpunkt verschieben, so muß gemäß Regel 90<sup>bis</sup> bzw. 90<sup>ter</sup> vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung eine Erklärung über die Zurücknahme der internationalen Anmeldung oder des Prioritätsanspruchs beim Internationalen Büro eingehen.

Innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum ist ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung einzureichen, wenn der Anmelder den Eintritt in die nationale Phase bis zu 30 Monaten seit dem Prioritätsdatum (in manchen Ämtern sogar noch länger) verschieben möchte.

Innerhalb von 20 Monaten seit dem Prioritätsdatum muß der Anmelder die für den Eintritt in die nationale Phase vorgeschriebenen Handlungen vor allen Bestimmungsämtern vornehmen, die nicht innerhalb von 19 Monaten seit dem Prioritätsdatum in der Anmeldung oder einer nachträglichen Auswahlklärung ausgewählt wurden oder nicht ausgewählt werden konnten, da für sie Kapitel II des Vertrages nicht verbindlich ist.

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde



Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL-2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Grace Casuga

Diese Anmerkungen sollen grundlegende Hinweise zur Einreichung von Änderungen gemäß Artikel 19 geben. Diesen Anmerkungen liegen die Erfordernisse des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens (PCT), der Ausführungsordnung und der Verwaltungsrichtlinien zu diesem Vertrag zugrunde. Bei Abweichungen zwischen diesen Anmerkungen und obengenannten Texten sind letztere maßgebend. Nähere Einzelheiten sind dem PCT-Leitfaden für Anmelder, einer Veröffentlichung der WIPO, zu entnehmen.

Die in diesen Anmerkungen verwendeten Begriffe "Artikel", "Regel" und "Abschnitt" beziehen sich jeweils auf die Bestimmungen des PCT-Vertrags, der PCT-Ausführungsordnung bzw. der PCT-Verwaltungsrichtlinien.

## HINWEISE ZU ÄNDERUNGEN GEMÄSS ARTIKEL 19

Nach Erhalt des internationalen Recherchenberichts hat der Anmelder die Möglichkeit, einmal die Ansprüche der internationalen Anmeldung zu ändern. Es ist jedoch zu betonen, daß, da alle Teile der internationalen Anmeldung (Ansprüche, Beschreibung und Zeichnungen) während des internationalen vorläufigen Prüfungsverfahrens geändert werden können, normalerweise keine Notwendigkeit besteht, Änderungen der Ansprüche nach Artikel 19 einzureichen, außer wenn der Anmelder z.B. zum Zwecke eines vorläufigen Schutzes die Veröffentlichung dieser Ansprüche wünscht oder ein anderer Grund für eine Änderung der Ansprüche vor ihrer internationalen Veröffentlichung vorliegt. Weiterhin ist zu beachten, daß ein vorläufiger Schutz nur in einigen Staaten erhältlich ist.

### Welche Teile der internationalen Anmeldung können geändert werden?

Im Rahmen von Artikel 19 können nur die Ansprüche geändert werden.

In der internationalen Phase können die Ansprüche auch nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert (oder nochmals geändert) werden. Die Beschreibung und die Zeichnungen können nur nach Artikel 34 vor der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde geändert werden.

Beim Eintritt in die nationale Phase können alle Teile der internationalen Anmeldung nach Artikel 28 oder gegebenenfalls Artikel 41 geändert werden.

### Bis wann sind Änderungen einzureichen?

Innerhalb von zwei Monaten ab der Übermittlung des internationalen Recherchenberichts oder innerhalb von sechzehn Monaten ab dem Prioritätsdatum, je nachdem, welche Frist später abläuft. Die Änderungen gelten jedoch als rechtzeitig eingereicht, wenn sie dem Internationalen Büro nach Ablauf der maßgebenden Frist, aber noch vor Abschluß der technischen Vorbereitungen für die internationale Veröffentlichung (Regel 46.1) zugehen.

### Wo sind die Änderungen nicht einzureichen?

Die Änderungen können nur beim Internationalen Büro, nicht aber beim Anmeldeamt oder der Internationalen Recherchenbehörde eingereicht werden (Regel 46.2).

Falls ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung eingereicht wurde/wird, siehe unten.

### In welcher Form können Änderungen erfolgen?

Eine Änderung kann erfolgen durch Streichung eines oder mehrerer ganzer Ansprüche, durch Hinzufügung eines oder mehrerer neuer Ansprüche oder durch Änderung des Wortlauts eines oder mehrerer Ansprüche in der eingereichten Fassung.

Für jedes Anspruchsblatt, das sich aufgrund einer oder mehrerer Änderungen von dem ursprünglich eingereichten Blatt unterscheidet, ist ein Ersatzblatt einzureichen.

Alle Ansprüche, die auf einem Ersatzblatt erscheinen, sind mit arabischen Ziffern zu nummerieren. Wird ein Anspruch gestrichen, so brauchen die anderen Ansprüche nicht neu nummeriert zu werden. Im Fall einer Neunummerierung sind die Ansprüche fortlaufend zu nummerieren (Verwaltungsrichtlinien, Abschnitt 205 b)).

Die Änderungen sind in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

### Welche Unterlagen sind den Änderungen beizufügen?

#### Begleitschreiben (Abschnitt 205 b)):

Die Änderungen sind mit einem Begleitschreiben einzureichen.

Das Begleitschreiben wird nicht zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht. Es ist nicht zu verwechseln mit der "Erklärung nach Artikel 19(1)" (siehe unten, "Erklärung nach Artikel 19 (1)").

Das Begleitschreiben ist nach Wahl des Anmelders in englischer oder französischer Sprache abzufassen. Bei englischsprachigen internationalen Anmeldungen ist das Begleitschreiben aber ebenfalls in englischer, bei französischsprachigen internationalen Anmeldungen in französischer Sprache abzufassen.

Im Begleitschreiben sind die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen anzugeben. So ist insbesondere zu jedem Anspruch in der internationalen Anmeldung anzugeben (gleichlautende Angaben zu verschiedenen Ansprüchen können zusammengefaßt werden), ob

- i) der Anspruch unverändert ist;
- ii) der Anspruch gestrichen worden ist;
- iii) der Anspruch neu ist;
- iv) der Anspruch einen oder mehrere Ansprüche in der eingereichten Fassung ersetzt;
- v) der Anspruch auf die Teilung eines Anspruchs in der eingereichten Fassung zurückzuführen ist.

Im folgenden sind Beispiele angegeben, wie Änderungen im Begleitschreiben zu erläutern sind:

1. [Wenn anstelle von ursprünglich 48 Ansprüchen nach der Änderung einiger Ansprüche 51 Ansprüche existieren]:  
"Die Ansprüche 1 bis 29, 31, 32, 34, 35, 37 bis 48 werden durch geänderte Ansprüche gleicher Numerierung ersetzt; Ansprüche 30, 33 und 36 unverändert; neue Ansprüche 49 bis 51 hinzugefügt."
2. [Wenn anstelle von ursprünglich 15 Ansprüchen nach der Änderung aller Ansprüche 11 Ansprüche existieren]:  
"Geänderte Ansprüche 1 bis 11 treten an die Stelle der Ansprüche 1 bis 15."
3. [Wenn ursprünglich 14 Ansprüche existierten und die Änderungen darin bestehen, daß einige Ansprüche gestrichen werden und neue Ansprüche hinzugefügt werden]:  
"Ansprüche 1 bis 6 und 14 unverändert; Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt. "Oder" Ansprüche 7 bis 13 gestrichen; neue Ansprüche 15, 16 und 17 hinzugefügt; alle übrigen Ansprüche unverändert."
4. [Wenn verschiedene Arten von Änderungen durchgeführt werden]:  
"Ansprüche 1-10 unverändert; Ansprüche 11 bis 13, 18 und 19 gestrichen; Ansprüche 14, 15 und 16 durch geänderten Anspruch 14 ersetzt; Anspruch 17 in geänderte Ansprüche 15, 16 und 17 unterteilt; neue Ansprüche 20 und 21 hinzugefügt."

#### "Erklärung nach Artikel 19(1)" (Regel 46.4)

Den Änderungen kann eine Erklärung beigelegt werden, mit der die Änderungen erläutert und ihre Auswirkungen auf die Beschreibung und die Zeichnungen dargelegt werden (die nicht nach Artikel 19 (1) geändert werden können).

Die Erklärung wird zusammen mit der internationalen Anmeldung und den geänderten Ansprüchen veröffentlicht.

Sie ist in der Sprache abzufassen, in der die internationale Anmeldung veröffentlicht wird.

Sie muß kurz gehalten sein und darf, wenn in englischer Sprache abgefaßt oder ins Englische übersetzt, nicht mehr als 500 Wörter umfassen.

Die Erklärung ist nicht zu verwechseln mit dem Begleitschreiben, das auf die Unterschiede zwischen den Ansprüchen in der eingereichten Fassung und den geänderten Ansprüchen hinweist, und ersetzt letzteres nicht. Sie ist auf einem gesonderten Blatt einzureichen und in der Überschrift als solche zu kennzeichnen, vorzugsweise mit den Worten "Erklärung nach Artikel 19 (1)".

Die Erklärung darf keine herabsetzenden Äußerungen über den internationalen Recherchenbericht oder die Bedeutung von in dem Bericht angeführten Veröffentlichungen enthalten. Sie darf auf im internationalen Recherchenbericht angeführte Veröffentlichungen, die sich auf einen bestimmten Anspruch beziehen, nur im Zusammenhang mit einer Änderung dieses Anspruchs Bezug nehmen.

#### Auswirkungen eines bereits gestellten Antrags auf internationale vorläufige Prüfung

Ist zum Zeitpunkt der Einreichung von Änderungen nach Artikel 19 bereits ein Antrag auf internationale vorläufige Prüfung gestellt worden, so sollte der Anmelder in seinem Interesse gleichzeitig mit der Einreichung der Änderungen beim Internationalen Büro auch eine Kopie der Änderungen bei der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde einreichen (siehe Regel 62.2 a), erster Satz).

#### Auswirkungen von Änderungen hinsichtlich der Übersetzung der internationalen Anmeldung beim Eintritt in die nationale Phase

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß bei Eintritt in die nationale Phase möglicherweise anstatt oder zusätzlich zu der Übersetzung der Ansprüche in der eingereichten Fassung eine Übersetzung der nach Artikel 19 geänderten Ansprüche an die bestimmten/ausgewählten Ämter zu übermitteln ist.

Nähere Einzelheiten über die Erfordernisse jedes bestimmten/ausgewählten Amtes sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESEN

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>FH991004.PCT</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/EP 99/ 08134</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>27/10/1999</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>27/10/1998</b>
Anmelder <b>FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER et.al.</b>		

Dieser Internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser Internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 3 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der Sprache ist die Internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die Internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz ist die Internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

**KANALZUWEISUNGSVERFAHREN UND VORRICHTUNG FÜR KODIERTE UND KOMBINIerte INFORMATIONSSÄTZE**

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

Feld III

WORTLAUT DER ZUSAMMENFASSUNG (Fortsetzung von Punkt 5 auf Blatt 1)

Die Zusammenfassung wird wie folgt geändert:

Zeile 19: Löschen von "Das" bis Zeile 23 "(rate)".



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 742 654 A (FRANCE TELECOM ;TELEDIFFUSION FSE (FR)) 13. November 1996 (1996-11-13) Zusammenfassung Spalte 14, Zeile 20 - Zeile 35	1-23
Y	US 3 792 355 A (FUKINUKI T ET AL) 12. Februar 1974 (1974-02-12) Spalte 1, Zeile 22 - Zeile 55	15, 19

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zu dieser Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT 99/08134

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0753948 A	15-01-1997	AU 5832896 A CA 2180972 A US 5790550 A	23-01-1997 12-01-1997 04-08-1998
EP 0742654 A	13-11-1996	FR 2734109 A	15-11-1996
US 3792355 A	12-02-1974	JP 53014909 B JP 50029618 B	20-05-1978 25-09-1975



## PATENT COOPERATION TREATY

## PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

3

Applicant's or agent's file reference FH991004.PCT	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP99/08134	International filing date (day/month/year) 27 October 1999 (27.10.99)	Priority date (day/month/year) 27 October 1998 (27.10.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC H04L 27/26		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 7 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 11 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☐ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 26 May 2000 (26.05.00)	Date of completion of this report 29 August 2000 (29.08.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP99/08134

## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of (*Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.*):

- ☐ the international application as originally filed.
- ☒ the description, pages 1-7,9-43, as originally filed,  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
pages 8,8a-8b, filed with the letter of 24 August 2000 (24.08.2000),  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the claims, Nos. 1,2,8(part),9-23, as originally filed,  
Nos. \_\_\_\_\_, as amended under Article 19,  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
Nos. 3-7,8(part), filed with the letter of 24 August 2000 (24.08.2000),  
Nos. \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.
- ☒ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_, as originally filed,  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the demand,  
sheets/fig 1/6-6/6, filed with the letter of 24 August 2000 (24.08.2000),  
sheets/fig \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_.

2. The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

3. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

4. Additional observations, if necessary:

# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 99/08134

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-23	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-23	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-23	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

#### 1. Citations:

- D1: LINDNER J.: "CHANNEL CODING AND MODULATION FOR TRANSMISSION OVER MULTIPATH CHANNELS", ARCHIV FÜR ELEKTRONIK UND ÜBERTRAGUNGSTECHNIK, S. HIRZEL VERLAG, STUTTGART, DE, Vol. 49, No. 3, 1 May 1995 (1995-05-01), pages 110-119, XP000590761, ISSN: 0001-1096, mentioned in the application
- D2: EP-A-0 753 948 (ALCATEL BELL NV), 15 January 1997 (1997-01-15)
- D3: EP-A-0 742 654 (FRANCE TELECOM; TELEDIFFUSION FSE (FR)), 13 November 1996 (1996-11-13).

2. The invention concerns a device (Claim 1) and a method (Claim 21) for transmitting information via a plurality of subchannels and a device (Claim 16) and a method (Claim 22) for receiving an information-containing transmitted signal.

D1 states that an encoder  $COD_1$  to  $COD_M$  is provided for each subchannel. Furthermore, all subchannels are combined using a matrix in order to be then modulated using a block. In D1, all subchannels are combined, that is the symbols are distributed over

the entire channel bandwidth, while in the subject matter of the present invention, only a set of subchannels which does not comprise all subchannels is combined.

D2 discloses a capacity allocation method for OFDM. The subject matter of the present invention differs (for example in claim 1) from the subject matter disclosed in D2 in that

- it comprises a device for combining the encoded information symbols of the first set;
- it comprises a device for combining the encoded information symbols of the second set;
- it comprises a device for allocating the combined encoded information symbols of each set; and
- both the first and second sets of subchannels comprise at least one subchannel with a signal-to-noise ratio greater than it would be if no combination had taken place, in particular greater than a limit signal-to-noise ratio for the encoding method used for this set of subchannels.

D3 discloses a transmitter for digital signals derived from analogue television signals and a receiver for such transmitted signals. D3 also fails to disclose a device for combining the encoded information symbols of the first set, a device for combining the encoded information symbols of the second set, and a device for allocating the combined encoded information symbols of both sets, or that both the first and second sets of subchannels comprise at least one subchannel with a signal-to-noise ratio which is greater, as a result of the combination, than a limit signal-to-noise ratio for the underlying encoding method.

The disadvantage of the method described in D1 is that it cannot be applied to modulation methods in which different encoding methods are provided for different subchannels and in turn have different signal-to-noise ratios for the different subchannels, in order to ensure that a particular limit signal-to-noise ratio can be obtained for each encoding method. Another problem is that the method described in D1 can lead to a total loss of information by combination of the individual carriers over the entire channel bandwidth when particular transmission channels are so disturbed that the interference energy they contain spreads to all other channels, which *per se* are of good quality, degrading their signal-to-noise ratio to such an extent that the actual signal-to-noise ratio falls under the limit signal-to-noise ratio.

In order to solve these problems, transmission power would either have to be increased in all subchannels or a low-level encoding method would have to be applied. However, both possibilities are undesirable because it is not always possible in all circumstances to increase transmission power. If a low-level encoding method is then used, the quantity of information to be transmitted through the channel is reduced, which is not desirable either.

The present invention addresses the problem of providing transmission and reception devices and methods which make possible a good utilisation of the available capacity of the transmission signal and are easy to implement.

D2 describes the subdivision of the data elements into groups of data elements. However, this

subdivision is not carried out on the basis of the transmission characteristics of the subchannels (first paragraph of Claim 1 of the present invention) but on the basis of the useful content of the data elements. Furthermore, the carriers in d2 are processed in an absolutely individual manner; likewise, the carriers are processed in an individual manner when the minimum signal-to-noise reserves are compensated, that is, they are examined to ascertain from where an information element should be removed, that is where a lower-level encoding method should be used, and to which carrier the information element should be given for a higher-level encoding method to be carried out for this carrier. Consequently, although D2 teaches subdividing the data elements to be transmitted into two groups, the individual carriers are not divided into sets of individual carriers to which the same encoding method should be applied. If a person skilled in the art proceeding from D1, which teaches a combination of all carriers, considered D2, he would recognise that D2 teaches individual carrier processing. He would then either abandon the combinatory processing of D1 or reject D2, since he would have to decide either for the combined or the individual processing of the individual carriers.

The same applies to D3, which also fails to give a person skilled in the art any indication not to combine all subchannels, as taught in D1, but only those subchannels which have been processed using the same encoding method.

The other international search report citations also fail to disclose or to suggest the claimed concept.

**INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT**

International application No.  
PCT/EP 99/08134

The subject matter of Claims 1, 16, 21 and 22 is therefore novel and inventive (PCT Article 33(2) and (3)).

3. Dependent Claims 2-15, 17-20 and 23 concern further details of the method and device as per Claims 1, 16 and 22. Since they are dependent on claims 1, 16 and 22, respectively, they also meet the requirements of PCT Article 33(2) and (3) for novelty and inventive step.

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

An:

SCHOPPE, Fritz  
SCHOPPE, ZIMMERMANN & STÖCKELER  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE

*Copy of the  
International  
Preliminary Exam.  
Report*

## PCT

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG  
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNGSBERICHTS

(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum  
(Tag/Monat/Jahr) 29.08.2000

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts  
FH991004.PCT

### WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP99/08134

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)  
27/10/1999

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)  
27/10/1998

Anmelder

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER et.al.

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiernit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.

#### 4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde



Europäisches Patentamt  
D-80298 München  
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d  
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Ahrens, R

Tel. +49 89 2399-8136





# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENSARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT



(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts FH991004.PCT	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsbericht (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP99/08134	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 27/10/1999	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 27/10/1998
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H04L27/26		
Anmelder FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER et.al.		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationale vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 7 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
- ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).
- Diese Anlagen umfassen insgesamt 11 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderische Tätigkeit und der gewerbliche Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☐ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  26/05/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  29.08.2000
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Bertini, S  Tel. Nr. +49 89 2399 8985 

**I. Grundlage des Berichts**

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):

**Beschreibung, Seiten:**

1-7,9-43	ursprüngliche Fassung	
8,8a-8b	mit Telefax vom	24/08/2000

**Patentansprüche, Nr.:**

1,2,8 (Teil), 9-23	ursprüngliche Fassung	
3-7,8 (Teil)	mit Telefax vom	24/08/2000

**Zeichnungen, Blätter:**

1/6-6/6	mit Telefax vom	24/08/2000
---------	-----------------	------------

**2. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:**

- |  |         |
|--|---------|
| <input type="checkbox"/> Beschreibung, | Seiten: |
| <input type="checkbox"/> Ansprüche,    | Nr.:    |
| <input type="checkbox"/> Zeichnungen,  | Blatt:  |

3. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)):

**4. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:**

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen- PCT/EP99/08134

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche 1-23
	Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche 1-23
	Nein: Ansprüche
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche 1-23
	Nein: Ansprüche

### 2. Unterlagen und Erklärungen

**siehe Beiblatt**

**V. BEGRÜNDETE FESTSTELLUNG NACH ARTIKEL 35 (2) HINSICHTLICH DER NEUHEIT, DER  
ERFINDERISCHEN TÄTIGKEIT UND DER GEWERBLICHEN ANWENDBARKEIT; UNTERLAGEN UND  
ERKLÄRUNGEN ZUR STÜTZUNG DIESER FESTSTELLUNG**

**1. Entgegenhaltungen:**

- D1: LINDNER J: 'CHANNEL CODING AND MODULATION FOR  
TRANSMISSION OVER MULTIPATH CHANNELS' ARCHIV FÜR  
ELEKTRONIK UND ÜBERTRAGUNGSTECHNIK, S. HIRZEL VERLAG.  
STUTTGART, DE, Bd. 49, Nr. 3, 1. Mai 1995 (1995-05-01), Seiten 110-119,  
XP000590761 ISSN: 0001-1096 in der Anmeldung erwähnt
- D2: EP-A-0 753 948 (ALCATEL BELL NV) 15. Januar 1997 (1997-01-15)
- D3: EP-A-0 742 654 (FRANCE TELECOM ; TELEDIFFUSION FSE (FR)) 13.  
November 1996 (1996-11-13)

- 2. Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung (Anspruch 1) und ein Verfahren  
(Anspruch 21) zum Senden von Informationen über eine Mehrzahl von  
Teilkanälen und auf eine Vorrichtung (Anspruch 16) und ein Verfahren (Anspruch  
22) zum Empfangen eines gesendeten Signals, das Informationen aufweist.**

Aus der Entgegenhaltung D1 geht hervor, daß ein eigener Codierer  $COD_1$  bis  
 $COD_M$  für jeden eigenen Teilkanal vorgesehen ist. Darüber hinaus werden  
sämtliche Teilkanäle untereinander mittels einer Matrix kombiniert, um dann  
mittels eines Blocks moduliert zu werden. In D1 werden sämtliche Teilkanäle  
kombiniert, d.h. die Symbole werden über die gesamte Kanalbandbreite verteilt,  
während beim Gegenstand der vorliegenden Erfindung eine Kombination nur  
innerhalb eines Satzes von Teilkanälen, der nicht sämtliche Teilkanäle umfaßt,  
stattfindet.

Die Entgegenhaltung D2 offenbart ein Verfahren zur Kapazitätszuordnung für die  
OFDM. Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung unterscheidet sich (z.B. im  
Anspruch 1) von dem in D2 offenbarten Gegenstand darin, daß -eine Einrichtung  
zum Kombinieren der codierten Informationssymbole des erstens Satzes  
vorhanden ist, -daß eine Einrichtung zum Kombinieren der codierten  
Informationssymbole des zweiten Satzes vorhanden ist, -daß eine Einrichtung

zum Zuordnen der kombinierten codierten Informationssymbole jedes Satzes vorhanden ist, und -daß sowohl der erste als auch der zweite Satz von Teilkanälen zumindest einen Teilkanal aufweisen, dessen Signal/Rausch-Verhältnis gegenüber dem Fall des nicht-vorhandenen Kombinierens größer ist, und zwar größer als ein Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis für das für diesen Satz von Teilkanälen verwendete Codierverfahren ist.

Die Entgegenhaltung D3 offenbart einen Sender für von analogen Fernsehsignalen abgeleitete numerische Signale und einen Empfänger für solche gesendeten Signale. Auch Dokument D3 offenbart keine Einrichtung zum Kombinieren der codierten Informationssymbole des erstens Satzes, keine Einrichtung zum Kombinieren der codierten Informationssymbole des zweiten Satzes, keine Einrichtung zum Zuordnen der kombinierten codierten Informationssymbole der beiden Sätze und schließlich auch nicht, daß sowohl der erste als auch der zweite Satz von Teilkanälen zumindest einen Teilkanal aufweisen, dessen Signal/Rausch-Verhältnis aufgrund des Kombinierens über einem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis für das zugrundeliegende Codierverfahren ist.

Nachteilig an dem in D1 beschriebene Verfahren ist, daß es nicht auf Modulationsverfahren anwendbar ist, bei denen für verschiedene Teilkanäle unterschiedliche Codierverfahren vorgesehen sind, die wiederum unterschiedliche Signal/Rausch-Verhältnisse für die unterschiedlichen Teilkanäle zur Folge haben, damit ein bestimmtes Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis für jedes Codierverfahren sichergestellt werden kann. Ein weiteres Problem besteht darin, daß das in D1 beschriebene Verfahren durch Kombinieren der Einzelträger über der gesamten Bandbreite des Kanals zu einem völligen Informationsverlust führen kann, wenn nämlich bestimmte Übertragungskanäle derart gestört sind, daß sich die in denselben vorhandene Störenergie über alle anderen an sich guten Kanäle verteilt und in denselben das Signal/Rausch-Verhältnis derart verschlechtert, daß das aktuelle Signal/Rausch-Verhältnis unter dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis liegt.

Um dagegen Abhilfe zu schaffen müßte entweder die Sendeleistung in allen Teilkanälen erhöht werden, oder ein niederstufiges Codierverfahren eingesetzt werden. Diese beiden Möglichkeiten sind jedoch nicht wünschenswert, da eine Erhöhung der Sendeleistung unter Umständen gar nicht durchführbar ist. Wenn

dagegen ein niederstufigeres Codierverfahren eingesetzt werden würde, würde die Menge an über den Kanal zu übertragende Informationen reduziert werden, was ebenfalls nicht wünschenswert ist.

Die Aufgabe der vorliegend Erfindung besteht darin, Vorrichtung und Verfahren zum Senden und zum Empfangen zu schaffen, die eine gute Ausnutzung der verfügbaren Kapazität des Übertragungssignals bei einfacher Implementierung ermöglichen.

D2 beschreibt eine Aufteilung der Datenelemente in Gruppen von Datenelementen. Diese Aufteilung geschieht jedoch nicht hinsichtlich der Übertragungscharakteristika der Teilkanäle (erster Absatz des Anspruchs 1 der vorliegenden Erfindung), sondern hinsichtlich des Nutzinhalts der Datenelemente selbst. Darüber hinaus findet bei D2 eine absolut individuelle Behandlung der Träger statt; bei dem Ausgleichen der minimalen Signal/Rausch-Reserven findet ebenfalls eine individuelle Trägerbehandlung statt, d.h. es wird geschaut, wo ein Informationselement weggelassen werden soll, d.h. wo ein niederstufigeres Codierverfahren verwendet werden sollte, und zu welchem Träger das Informationselement gegeben werden sollte, um für diesen Träger ein höherstufigeres Codierverfahren durchführen zu können.

D2 lehrt somit zwar die Aufteilung der zu sendenden Datenelemente in zwei Gruppen, jedoch nicht die Aufteilung der Einzelträger in Sätze von Einzelträgern, für die satzweise das gleiche Codierverfahren eingesetzt werden soll.

Würde ein Fachmann nun ausgehend von D1, das ein Kombinieren aller Träger lehrt, D2 heranziehen, so würde er erkennen, daß D2 eine trägerindividuelle Betrachtungsweise lehrt. Er würde nun entweder die Kombinations-Betrachtungsweise von D1 aufgeben oder aber D2 zur Seite legen, da er sich entweder für das Kombinieren oder das individuelle Verarbeiten der einzelnen Träger entscheiden muß.

Dasselbe trifft für D3 zu, auch hier erhält der Fachmann keinen Hinweis, vom Kombinieren aller Teilkanäle, wie es in D1 gelehrt wird, abzurücken, um nur Teilkanäle, die mit demselben Codierverfahren behandelt worden sind, untereinander zu kombinieren.

Das Anmeldungskonzept wird auch durch die weiteren im Internationalen Recherchenbericht genannten Druckschriften weder offenbart noch nahegelegt.

Der Gegenstand der Ansprüche 1, 16, 21 und 22 daher neu und erfinderisch (Artikel 33 (2) und (3) PCT).

3. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 15, 17 bis 20 und 23 enthalten weitere Details des Verfahrens und der Vorrichtung gemäß der Ansprüche 1, 16 und 22. Da sie von Anspruch 1, 16 bzw. 22 abhängig sind, erfüllen auch sie die Erfordernisse gemäß PCT (Artikel 33 (2) und (3)) bezüglich Neuheit und erfinderischer Tätigkeit.

dieren aller Teilkanäle unter einen geforderten-Minimalwert absinken lassen. Abhilfe dagegen kann nur erreicht werden, wenn entweder die Sendeleistung in allen Teilkanälen erhöht wird, oder wenn ein Codierverfahren zum Einsatz kommt, das einem Informationssymbol weniger Informationen zuweist, derart, daß das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis für ein Decodieren mit einer geforderten Mindest-Zuverlässigkeit ausreicht.

Diese beiden Möglichkeiten sind jedoch nicht wünschenswert, da eine Erhöhung der Sendeleistung unter Umständen nicht durchführbar ist, z.B. im Falle einer vorgegebenen maximalen spektralen Leistungsdichte des Sendesignals oder einer vorgegebenen maximalen Gesamtleistung des Sendesignals, oder daß der Anwendungsfall eine bestimmte Mindestübertragungsrate erfordert, die bei Verwendung niederstufiger Modulationsverfahren dann nicht mehr erreicht werden kann.

Die EP 0 753 948 A offenbart ein Verfahren zur Kapazitätszuordnung für die OFDM. Ein Mapper wird mit zu sendenden Datenelementen gespeist, um einzelnen Datenelemente auf einen Satz von z.B. 256 Trägern zu verteilen, wobei jede Information immer genau einem Träger aufgeprägt wird. Hierzu wird ein Verteilungsalgorithmus eingesetzt. Zunächst wird die Rauschleistung für jeden Träger gemessen. Dann werden die Träger fiktiv angeordnet, so daß die Träger in aufsteigender Reihenfolge hinsichtlich der gemessenen Rauschleistung erscheinen. Anschließend werden die zu sendenden Datenelemente klassifiziert. Diese Klassifikation findet anhand der Daten, die durch die Datenelemente dargestellt werden, statt, z.B. ob die Daten sich beispielsweise auf Telefonbanking oder auf übliche Telefonierdaten beziehen. Telefonbanking-Daten müssen unbedingt vollständig ungestört ankommen, während übliche Telefondaten aufgrund der ungleich höheren Redundanz von Telefongesprächen ohne weiteres ein paar Störungen erleiden dürfen. Die Daten werden dann in sog. schnelle Daten und in sog. verschachtelte Daten aufgeteilt. Telefonbanking-Daten sind verschachtelte Daten,



während schnelle Daten Telefongesprächsdaten sind. Hierauf werden auch die Träger in zwei Teilsätze eingeteilt. Dann werden die Datenelemente jedes Satzes von Datenelementen zu den Trägern jedes Satzes von Trägern zufällig zugeordnet. Schließlich werden die Datenelementzuordnungen innerhalb jeder Gruppe equalisiert, und zwar mit dem Ziel, daß jeder Träger eine möglichst hohe Signal/Rausch-Reserve hat. Hierzu werden einzelne Datenelemente von Trägern je nach Signal/Rausch-Reserve von einem Träger weggenommen und zu einem anderen Träger hinzugegeben. Der Algorithmus gibt eine Strategie an, jede Information genau einem vom Algorithmus bestimmten Träger aufzuprägen.

Die EP 0 742 654 A1 offenbart einen Sender für von analogen Fernsehsignalen abgeleitete numerische Signale und einen Empfänger für solche gesendeten Signale. Teilträger einer OFDM-Modulation können unter Verwendung unterschiedlicher Codierverfahren, wie z.B. eines 4-PSK-Codierverfahrens, eines 16-QAM-Codierverfahrens oder eines 64-QAM-Codierverfahrens codiert werden. Alternativ kann ein höherstufiges Codierverfahren und dann ein Faltungscode mit einer Coderate  $1/2$  für bestimmte Unterträger oder ein Faltungscode mit einer Coderate von  $5/6$  für andere Unterträger eingesetzt werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Senden einer Folge von Informationssymbolen sowie eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Empfangen eines gesendeten Signals zu schaffen, die eine gute Ausnutzung der verfügbaren Kapazität des Übertragungssignals bei einfacher Implementierung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Senden nach Patentanspruch 1, für eine Vorrichtung zum Empfangen nach Patentanspruch 16, durch ein Verfahren zum Senden nach Patentanspruch 21 und durch ein Verfahren zum Empfangen nach Patentanspruch 22 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß durch Vergleichmäßigung des Verlaufs der Rauschleistungsdichte bzw. Störleistungsdichte bzw. durch eine Vergleichmäßigung des Signal/Rausch-Verhältnisses in jeweiligen Sätzen von Teilkanälen eines gestörten Übertragungskanals bzw. durch die Verteilung der zu übertragenden Informationen in Sätzen von Teilkanälen eines Gesamtübertragungskanals

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der das erste Codierverfahren (103a) ein Verfahren mit einer  $2^x$ -stufigen Quantelung des Signalraums ist, und bei dem das zweite Codierverfahren (103b) ein Verfahren mit einer  $2^{x-y}$ -Quantelung des Signalraums ist, wobei gilt:  $x = 3$ ,  $x > y$ .
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei dem die Anzahl der Teilkanäle in einem Satz von Teilkanälen so gewählt ist, daß der Überschuß an Signal/Rausch-Verhältnis von Trägern in dem Satz im wesentlichen vollständig dazu verwendet wird, das Defizit an Signal/Rausch-Verhältnis des zumindest einen Teilkanals in dem Satz auszugleichen, derart, daß alle Teilkanäle in dem Satz ein Signal/Rausch-Verhältnis haben, das größer als das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist und möglichst nahe an dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis liegt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, bei dem der Übertragungskanal (108) eine Mehrzahl von Trägern mit Trägerfrequenzen von einer unteren Grenzfrequenz zu einer oberen Grenzfrequenz aufweist, wobei der erste Satz von Teilkanälen Trägerfrequenzen von der unteren Grenzfrequenz bis zu einschließlich einer Mittenfrequenz aufweist, und wobei der zweite Satz von Teilkanälen Trägerfrequenzen oberhalb der Mittenfrequenz bis zu der oberen Grenzfrequenz aufweist, und wobei die Mittenfrequenz derart festgelegt wird, daß für den Parameter  $x = 3$  das Signal/Rausch-Verhältnis des Trägers mit der Mittenfrequenz aufgrund des Kombinierens mit der ersten Kombinationsvorschrift (104a) am nächsten bei dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis (300) für den ersten Satz von Teilkanälen ist, und wobei die obere Grenzfrequenz so festgelegt ist, daß das Signal/Rausch-Verhältnis des Trägers mit der Trägerfrequenz gleich der oberen Grenzfrequenz am nächsten bei dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis für den zweiten Satz von Teilkanälen liegt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, bei dem der Übertragungskanal eine Mehrzahl von Trägern mit Trägerfrequenzen von einer unteren Grenzfrequenz zu einer oberen Grenzfrequenz aufweist, wobei eine Anzahl von Einrichtungen zum Codieren vorhanden ist, und wobei eine gleich große Anzahl von Einrichtungen zum Kombinieren vorhanden ist, um die codierten Informationssymbole für die jeweiligen Sätze von Teilkanälen zu kombinieren, wobei diese Anzahl so gewählt ist, daß für den Satz, der die obere Grenzfrequenz aufweist, ein Codierverfahren mit einer größtmöglichen Quantelung in der entsprechenden Codiereinrichtung eingesetzt wird, und wobei zu kleineren Trägerfrequenzen hin immer ein um eine Stufe feineres Codierverfahren in einer entsprechenden Codiereinrichtung eingesetzt wird, so daß für den Träger bei der unteren Grenzfrequenz eine Codiereinrichtung eingesetzt wird, deren Quantelung maximal fein ist, derart, daß die Datenrate bezogen auf die gesamte Bandbreite des Kanals von der unteren Grenzfrequenz bis zur oberen Grenzfrequenz maximal ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ferner eine Einrichtung zum Durchführen einer Vorwärtsfehlerkorrektur für Teilkanäle aufweist, wobei die Einrichtung zum Durchführen einer Vorwärtsfehlerkorrektur so ausgestaltet ist, daß ein Teil des Gewinns an Datenrate zu dem zumindest einen Teilkanal dazu verwendet wird, Redundanz in die Folge von Informationssymbolen einzufügen, während der Rest des Gewinns an Datenrate dazu verwendet wird, die Informationsrate zu erhöhen.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Übertragungscharakteristika der Teilkanäle, die das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis beeinflussen, bekannt sind, wobei die Informationsmengen der ersten und der zweiten Codiereinrichtung (103a, 103b) von vornherein

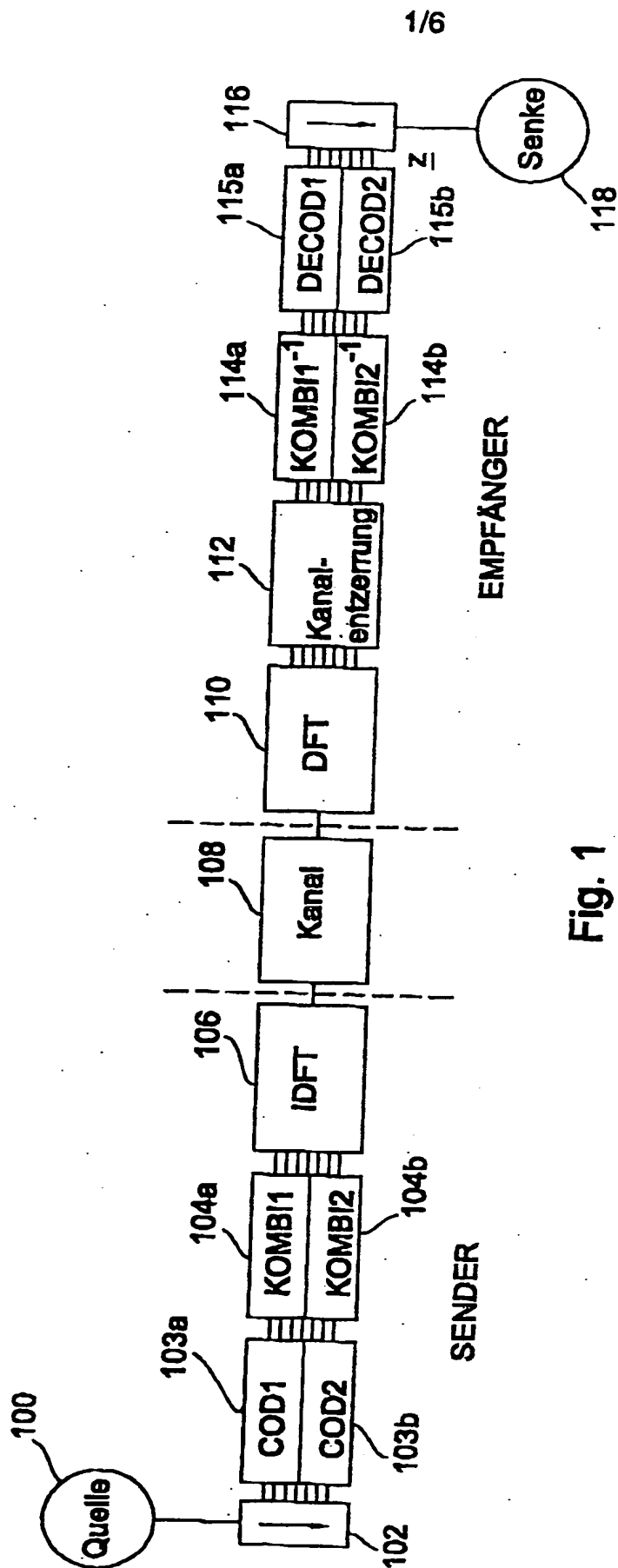


Fig. 1

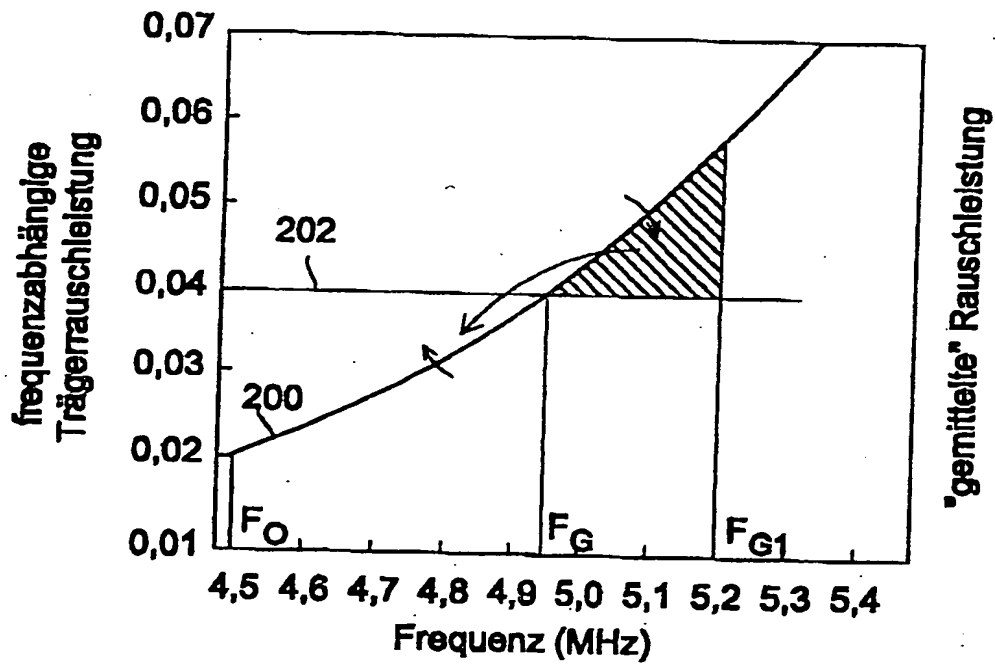


Fig. 2

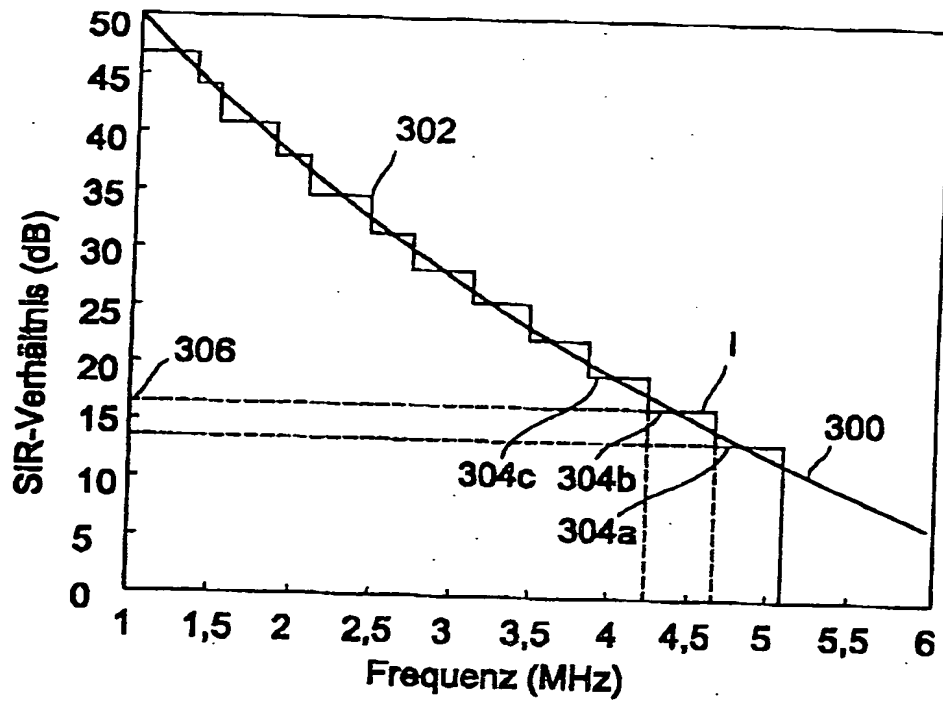


Fig. 3

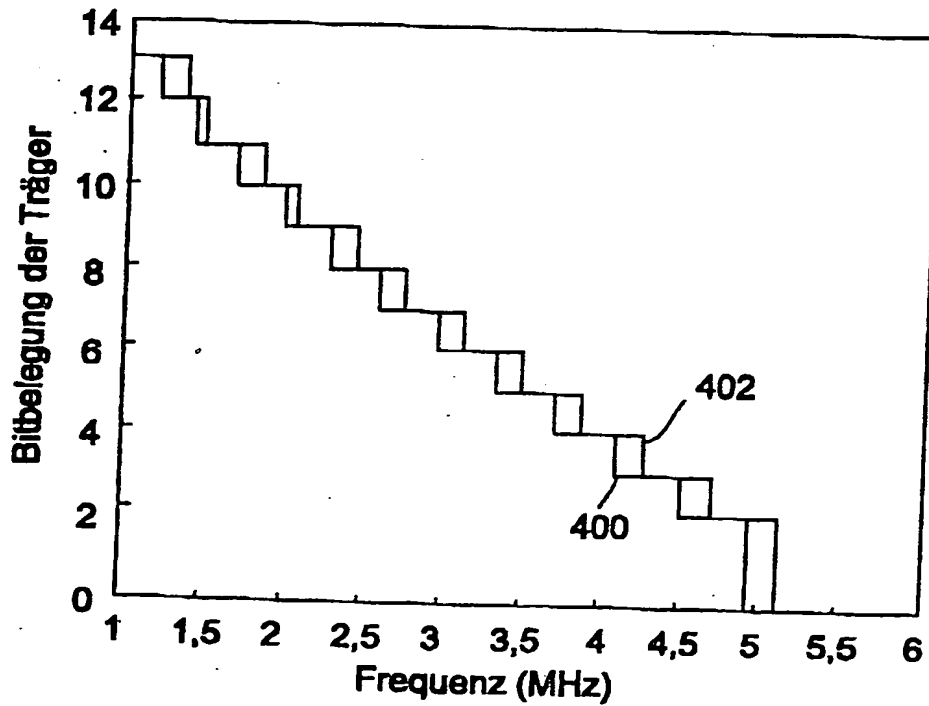


Fig. 4

4/6

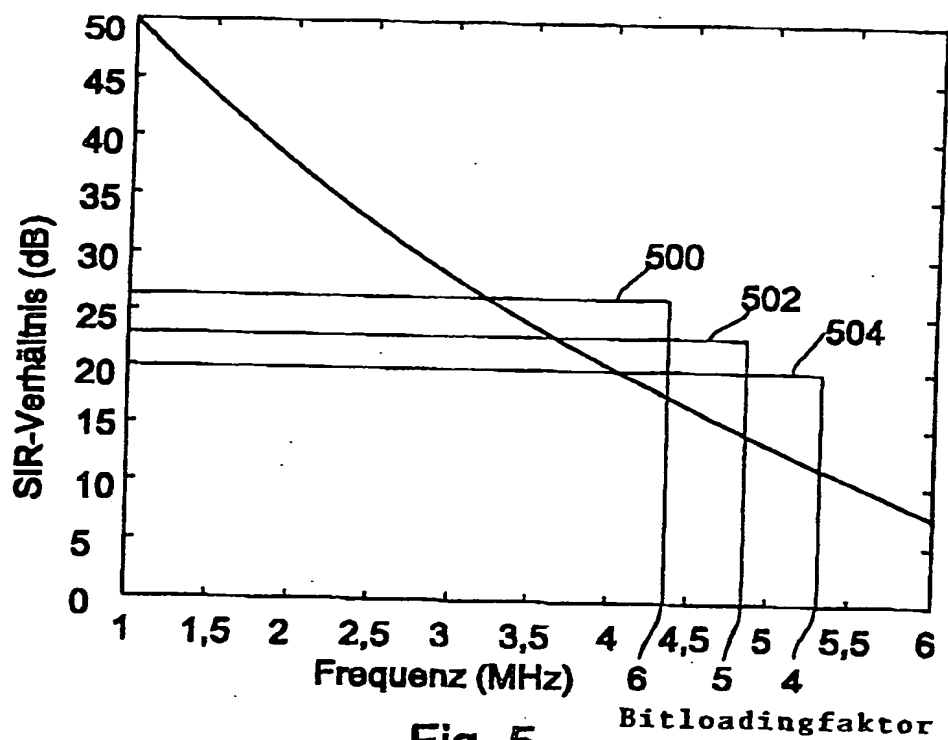


Fig. 5

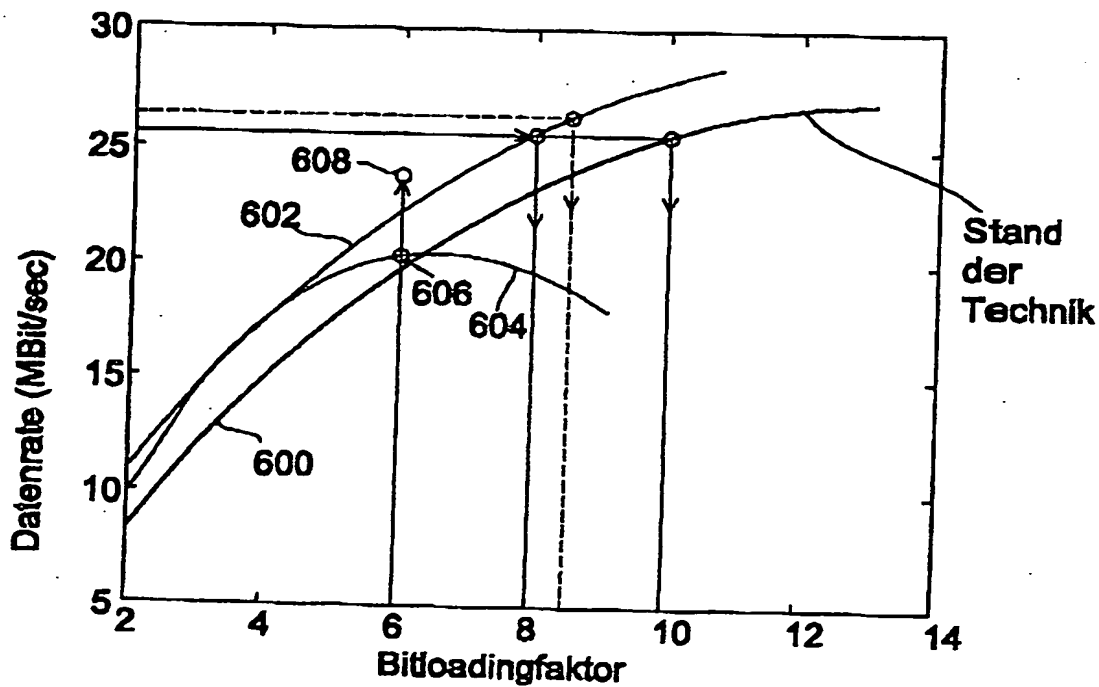


Fig. 6



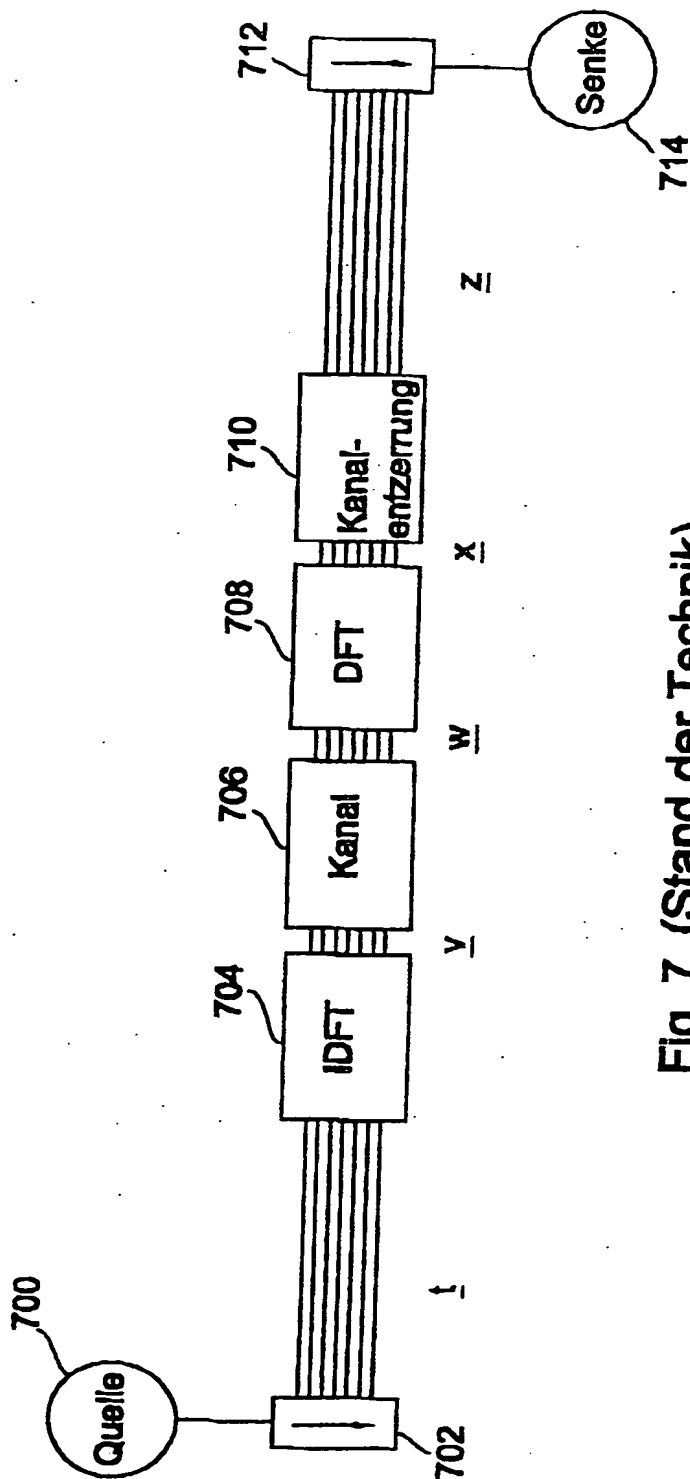
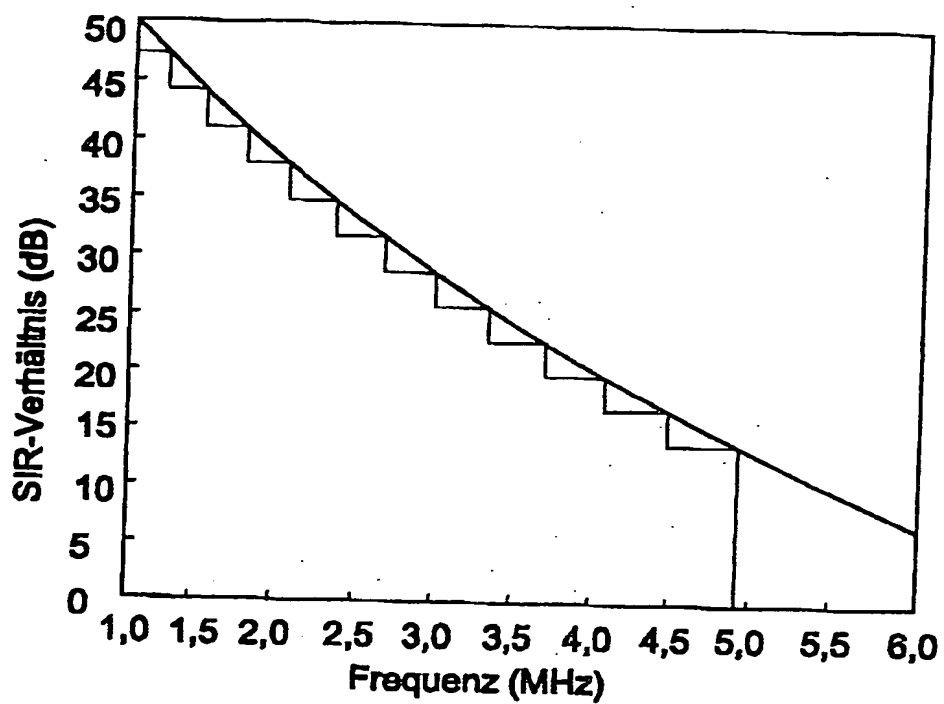


Fig. 7 (Stand der Technik)

6/6

**Fig. 8 (Stand der Technik)**

09/807741

JC03 Rect PCT/PTO 17 APR 2001

National Phase of PCT/EP99/08134 in U.S.A.

Title: Channel allocation method and apparatus for coded and combined sets of information

Applicant: Wolfgang MEISTER

---

Translation of Amendments under Art. 34 PCT  
as attached to the IPER

---

... The only remedy for this is either to increase the transmitted power in all the partial channels or to employ a coding method which assigns less information to an information symbol in such a way that the threshold signal-to-noise ratio suffices for a decoding with a specified minimum reliability.

These two possibilities are not desirable, however, since an increase in the transmitted power may not be feasible, e.g. when a maximum spectral power density of the transmitted signal or a maximum overall power of the transmitted signal has been specified, or when the application requires a certain minimum transmission rate, which can no longer be achieved using low-stage modulation methods.

EP 0 753 948 A discloses a method for allocating capacity for the OFDM. A mapper is fed with data elements to be transmitted and distributes individual data elements among a set of e.g. 256 carriers, each item of information being impressed on just one carrier. This is achieved by means of a distribution algorithm. First of all the noise power is measured for each carrier. Then the carriers are fictitiously ordered in such a way that the carriers appear in an ascending sequence as regards the measured noise power. The data elements to be transmitted are then classified. This classification is made on the basis of the data represented by the data elements, e.g. whether the data relate to telephone banking or to normal telephone call data. Telephone banking data must always arrive completely unimpaired whereas normal telephone call data can tolerate some corruption in view of the far greater redundancy of telephone calls. The data are then subdivided into so-called fast data and so-called interleaved data. Telephone banking data are interleaved data while telephone call data are fast data.

Then the carriers are also divided into two partial sets. The data elements of each set of data elements are then randomly allocated to the carriers of each set of carriers. Finally the data element allocations within each group are equalized, the objective being that every carrier should have the highest possible signal-to-noise margin. To achieve this, individual carrier data elements are removed from one carrier and given to another carrier according to the signal-to-noise margin. The algorithm specifies a strategy for impressing each item of information on just one carrier determined by the algorithm.

EP 0 742 654 A1 discloses a transmitter for numerical signals derived from analog television signals and a receiver for such transmitted signals. Partial carriers of an OFDM modulation can be coded using various coding methods, e.g. a 4 PSK coding method, a 16 QAM coding method or a 64 QAM coding method. Alternatively, a higher-stage coding method and then a convolution code with a code rate of  $1/2$  for certain subcarriers or a convolution code with a code rate of  $5/6$  for other subcarriers can be used.

It is the object of the present invention to provide a device and a method for transmitting a sequence of information symbols and a device and a method for receiving a transmitted signal which exploit efficiently the available capacity of the transmission signal while being simple to implement.

This object is achieved by a device for transmitting according to claim 1, by a device for receiving according to claim 16, by a method for transmitting according to claim 21 and by a method for receiving according to claim 22.

Amended Claims 4, 5, 6

4. A device according to claim 3, wherein the number of partial channels in a set of partial channels is so chosen that the excess in the signal-to-noise ratio of carriers in the set is essentially completely used to compensate for the deficit in the signal-to-noise ratio of the at least one partial channel in the set in such a way that all the partial channels in the set have a signal-to-noise ratio which is greater than the threshold signal-to-noise ratio and which is as close as possible to the threshold signal-to-noise ratio.
5. A device according to claim 3 or 4, wherein the transmission channel (108) has a plurality of carriers with carrier frequencies from a lower threshold frequency to a higher threshold frequency, where the first set of partial channels has carrier frequencies from the lower threshold frequency up to and including a middle frequency and where the second set of partial channels has carrier frequencies above the middle frequency up to the upper threshold frequency and where the middle frequency is so specified that for the parameter  $x = 3$  the signal-to-noise ratio of the carrier with the middle frequency is closest to the threshold signal-to-noise ratio (300) for the first set of partial channels as a result of combining by means of the first combination specification (104a) and where the upper threshold frequency is so specified that the signal-to-noise ratio of the carrier with carrier frequency equal to the upper threshold frequency is closest to the threshold signal-to-noise ratio for the second set of partial channels.

6. A device according to claim 3, wherein the transmission channel has a plurality of carriers with carrier frequencies from a lower threshold frequency to an upper threshold frequency, where there is a number of units for encoding and an equally large number of units for combining the coded information symbols for the respective sets of partial channels, the number being so chosen that, for the set with the upper threshold frequency, a coding method with the coarsest possible quantization is employed in the respective coding unit and where a coding method which is successively a stage finer for smaller carrier frequencies is employed in a respective coding unit, so that, for the carrier at the lower threshold frequency, a coding unit is employed whose quantization is as fine as possible, with the result that the data rate for the full bandwidth of the channel from the lower threshold frequency to the upper threshold frequency is a maximum.

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Assistant Commissioner for Patents  
United States Patent and Trademark  
Office  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 06 July 2000 (06.07.00)	
International application No. PCT/EP99/08134	Applicant's or agent's file reference FH991004.PCT
International filing date (day/month/year) 27 October 1999 (27.10.99)	Priority date (day/month/year) 27 October 1998 (27.10.98)
Applicant MEISTER, Wolfgang	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

26 May 2000 (26.05.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:2. The election ☒ was☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer  Manu Berrod  Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---



## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING  
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and  
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE

09 FEB 2001

Date of mailing (day/month/year) 02 February 2001 (02.02.01)	<b>IMPORTANT NOTIFICATION</b>
Applicant's or agent's file reference FH991004.PCT	
International application No. PCT/EP99/08134	International filing date (day/month/year) 27 October 1999 (27.10.99)

## 1. The following indications appeared on record concerning:

☒ the applicant      ☐ the inventor      ☐ the agent      ☐ the common representative

## Name and Address

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V.  
Leonrodstrasse 54  
D-80636 München  
Germany

## State of Nationality

DE

## State of Residence

DE

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

## 2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☒ the person      ☐ the name      ☒ the address      ☐ the nationality      ☐ the residence

## Name and Address

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Wittelsbacherplatz 2  
D-80333 München  
Germany

## State of Nationality

DE

## State of Residence

DE

Telephone No.

Facsimile No.

Teleprinter No.

## 3. Further observations, if necessary:

## 4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office      ☐ the designated Offices concerned  
☐ the International Searching Authority      ☒ the elected Offices concerned  
☐ the International Preliminary Examining Authority      ☐ other:

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Céline Faust



Telephone No.: (41-22) 338.83.38

# PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## INFORMATION CONCERNING ELECTED OFFICES NOTIFIED OF THEIR ELECTION

(PCT Rule 61.3)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 06 July 2000 (06.07.00)		IMPORTANT INFORMATION	
Applicant's or agent's file reference — FH991004.PCT <i>BEI AKTIE +</i>			
International application No. PCT/EP99/08134	International filing date (day/month/year) 27 October 1999 (27.10.99)	Priority date (day/month/year) 27 October 1998 (27.10.98)	
Applicant FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. et al			

1. The applicant is hereby informed that the International Bureau has, according to Article 31(7), notified each of the following Offices of its election:

EP : AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE  
National : DE, JP, US

2. The following Offices have waived the requirement for the notification of their election; the notification will be sent to them by the International Bureau only upon their request:

None

3. The applicant is reminded that he must enter the "national phase" before the expiration of 30 months from the priority date before each of the Offices listed above. This must be done by paying the national fee(s) and furnishing, if prescribed, a translation of the international application (Article 39(1)(a)), as well as, where applicable, by furnishing a translation of any annexes of the international preliminary examination report (Article 36(3)(b) and Rule 74.1).

Some offices have fixed time limits expiring later than the above-mentioned time limit. For detailed information about the applicable time limits and the acts to be performed upon entry into the national phase before a particular Office, see Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The entry into the European regional phase is postponed until 31 months from the priority date for all States designated for the purposes of obtaining a European patent.

<p>The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland</p> <p>Facsimile No. (41-22) 740.14.35</p>	<p>Authorized officer:</p> <p>Manu Berrod</p> <p>Telephone No. (41-22) 338.83.38</p>
---	--

*MB*

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE  
COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL  
APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE

EINGEGANGEN

12. MAI 2000

Date of mailing (day/month/year) 04 May 2000 (04.05.00)		IMPORTANT NOTICE	
Applicant's or agent's file reference FH991004.PCT			
International application No. PCT/EP99/08134	International filing date (day/month/year) 27 October 1999 (27.10.99)	Priority date (day/month/year) 27 October 1998 (27.10.98)	
Applicant FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. et al			

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:  
JP,US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:  
DE,EP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on  
04 May 2000 (04.05.00) under No. WO 00/25492

**REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)**

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

**REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))**

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer J. Zahra Telephone No. (41-22) 338.83.38
--	---

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION CONCERNING  
SUBMISSION OR TRANSMITTAL  
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE

- 2. FEB. 2000

Date of mailing (day/month/year) 25 January 2000 (25.01.00)	<b>IMPORTANT NOTIFICATION</b>
Applicant's or agent's file reference FH991004.PCT	
International application No. PCT/EP99/08134	
International publication date (day/month/year) Not yet published	
	International filing date (day/month/year) 27 October 1999 (27.10.99)
	Priority date (day/month/year) 27 October 1998 (27.10.98)
Applicant <b>FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. et al</b>	

1. The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR" in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
2. This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
3. An asterisk (\*) appearing next to a date of receipt in the right-hand column denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
4. The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau, or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

Priority date	Priority application No.	Country or regional Office or PCT-receiving Office	Date of receipt of priority document
27 Octo 1998 (27.10.98)	198 49 553.6	DE	04 Janu 2000 (04.01.00)

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No. (41-22) 740.14.35

Authorized officer

C. Cupello

Cupello

Telephone No. (41-22) 338.83.38

Best Available Copy

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF RECEIPT OF  
RECORD COPY

(PCT Rule 24.2(a))

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SCHOPPE, Fritz  
Schoppe, Zimmermann & Stöckeler  
Postfach 71 08 67  
D-81458 München  
ALLEMAGNE

EINGEGANGEN

10 JAN. 2000

Date of mailing (day/month/year)  
28 December 1999 (28.12.99)

IMPORTANT NOTIFICATION

Applicant's or agent's file reference  
FH991004.PCT

International application No.  
PCT/EP99/08134 ✓

The applicant is hereby notified that the International Bureau has received the record copy of the international application as detailed below.

Name(s) of the applicant(s) and State(s) for which they are applicants:

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. (for all  
designated States except US) ✓  
MEISTER, Wolfgang (for US) ✓

International filing date 27 October 1999 (27.10.99)

Priority date(s) claimed 27 October 1998 (27.10.98)

Date of receipt of the record copy by the International Bureau 15 December 1999 (15.12.99)

List of designated Offices

EP, AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE  
National: DE, JP, US

## ATTENTION

The applicant should carefully check the data appearing in this Notification. In case of any discrepancy between these data and the indications in the international application, the applicant should immediately inform the International Bureau.

In addition, the applicant's attention is drawn to the information contained in the Annex, relating to:

- ☒ time limits for entry into the national phase
- ☒ confirmation of precautionary designations
- ☒ requirements regarding priority documents

A copy of this Notification is being sent to the receiving Office and to the International Searching Authority.

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No. (41-22) 740.14.35

Authorized officer:

Céline Faust

*C. Faust*

Telephone No. (41-22) 338.83.38



## INFORMATION ON TIME LIMITS FOR ENTERING THE NATIONAL PHASE

The applicant is reminded that the "national phase" must be entered before each of the designated Offices indicated in the Notification of Receipt of Record Copy (Form PCT/IB/301) by paying national fees and furnishing translations, as prescribed by the applicable national laws.

The time limit for performing these procedural acts is **20 MONTHS** from the priority date or, for those designated States which the applicant elects in a demand for international preliminary examination or in a later election, **30 MONTHS** from the priority date, provided that the election is made before the expiration of 19 months from the priority date. Some designated (or elected) Offices have fixed time limits which expire even later than 20 or 30 months from the priority date. In other Offices an extension of time or grace period, in some cases upon payment of an additional fee, is available.

In addition to these procedural acts, the applicant may also have to comply with other special requirements applicable in certain Offices. It is the applicant's responsibility to ensure that the necessary steps to enter the national phase are taken in a timely fashion. Most designated Offices do not issue reminders to applicants in connection with the entry into the national phase.

For detailed information about the procedural acts to be performed to enter the national phase before each designated Office, the applicable time limits and possible extensions of time or grace periods, and any other requirements, see the relevant Chapters of Volume II of the PCT Applicant's Guide. Information about the requirements for filing a demand for international preliminary examination is set out in Chapter IX of Volume I of the PCT Applicant's Guide.

GR and ES became bound by PCT Chapter II on 7 September 1996 and 6 September 1997, respectively, and may, therefore, be elected in a demand or a later election filed on or after 7 September 1996 and 6 September 1997, respectively, regardless of the filing date of the international application. (See second paragraph above.)

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

## CONFIRMATION OF PRECAUTIONARY DESIGNATIONS

This notification lists only specific designations made under Rule 4.9(a) in the request. It is important to check that these designations are correct. Errors in designations can be corrected where precautionary designations have been made under Rule 4.9(b). The applicant is hereby reminded that any precautionary designations may be confirmed according to Rule 4.9(c) before the expiration of 15 months from the priority date. If it is not confirmed, it will automatically be regarded as withdrawn by the applicant. There will be no reminder and no invitation. Confirmation of a designation consists of the filing of a notice specifying the designated State concerned (with an indication of the kind of protection or treatment desired) and the payment of the designation and confirmation fees. Confirmation must reach the receiving Office within the 15-month time limit.

## REQUIREMENTS REGARDING PRIORITY DOCUMENTS

For applicants who have not yet complied with the requirements regarding priority documents, the following is recalled:

Where the priority of an earlier national, regional or international application is claimed, the applicant must submit a copy of the said earlier application, certified by the authority with which it was filed ("the priority document") to the receiving Office (which will transmit it to the International Bureau) or directly to the International Bureau, before the expiration of 16 months from the priority date, provided that any such priority document may still be submitted to the International Bureau before that date of international publication of the international application, in which case that document will be considered to have been received by the International Bureau on the last day of the 16-month time limit (Rule 17.1(a)).

Where the priority document is issued by the receiving Office, the applicant may, instead of submitting the priority document, request the receiving Office to prepare and transmit the priority document to the International Bureau. Such request must be made before the expiration of the 16-month time limit and may be subjected by the receiving Office to the payment of a fee (Rule 17.1(b)).

If the priority document concerned is not submitted to the International Bureau or if the request to the receiving Office to prepare and transmit the priority document has not been made (and the corresponding fee, if any, paid) within the applicable time limit indicated under the preceding paragraphs, any designated State may disregard the priority claim, provided that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

Where several priorities are claimed, the priority date to be considered for the purposes of computing the 16-month time limit is the filing date of the earliest application whose priority is claimed.

09/807741

JCO3 Rec'd CT/PTO

17 APR 2001

National Phase of PCT/EP99/08134 in U.S.A.

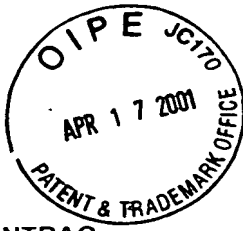
Title: Channel allocation method and apparatus for coded and combined sets of information

Applicant: Wolfgang MEISTER

---

Translation of PCT Application PCT/EP99/08134  
as originally filed

---



International  
Patent Application

1/3

PCT-ANTRAG

FH991004.PCT

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 27.10.1999 03:15:33 PM

0	Vom Anmeldeamt auszufüllen	
0-1	Internationales Aktenzeichen.	
0-2	Internationales Anmeldedatum	
0-3	Name des Anmeldeamts und "PCT International Application"	
0-4	Formular - PCT/RO/101 PCT-Antrag	
0-4-1	erstellt durch Benutzung von	PCT-EASY Version 2.84 (aktualisiert 01.07.1999)
0-5	Antragssersuchen Der Unterzeichnete beantragt, daß die vorliegende internationale Anmeldung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens behandelt wird	
0-6	(Vom Anmelder gewähltes) Anmeldeamt	Europäisches Patentamt (EPA) (RO/EP)
0-7	Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts	FH991004.PCT
I	Bezeichnung der Erfindung	VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM SENDEN UND VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM EMPFANGEN
II	Anmelder	
II-1	Diese Person ist	nur Anmelder
II-2	Anmelder für	Alle Bestimmungstaaten mit Ausnahme von US
II-4	Name	FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.
II-5	Anschrift:	Leonrodstraße 54 D-80636 München Deutschland
II-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
II-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE
III-1	Anmelder und/oder Erfinder	
III-1-1	Diese Person ist	Anmelder und Erfinder
III-1-2	Anmelder für	Nur US
III-1-4	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	MEISTER, Wolfgang
III-1-5	Anschrift:	Gabelsbergerstraße 59 D-80333 München Deutschland
III-1-6	Staatsangehörigkeit (Staat)	DE
III-1-7	Sitz/Wohnsitz (Staat)	DE




## PCT-ANTRAG

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 27.10.1999 03:15:33 PM

IV-1	<b>Anwalt oder gemeinsamer Vertreter; oder besondere Zustellanschrift</b> Die unten bezeichnete Person ist/wird hiermit bestellt, um den (die) Anmelder vor den internationalen Behörden zu vertreten, und zwar als:	<b>Anwalt</b>
IV-1-1	Name (FAMILIENNAME, Vorname)	SCHOPPE, Fritz
IV-1-2	Anschrift:	SCHOPPE, ZIMMERMANN & STÖCKELER POSTFACH 71 08 67 D-81458 München Deutschland
IV-1-3	Telefonnr.	089/7904450
IV-1-4	Telefaxnr.	089/7902215
IV-1-5	e-mail	101345.3117@CompuServe.com
V	<b>Bestimmung von Staaten</b>	
V-1	Regionales Patent (andere Schutzrechtsarten oder Verfahren sind ggf. in Klammern nach der (den) betreffenden Bestimmung(en) angegeben)	EP: AT BE CH&LI CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE und jeder weitere Staat, der Mitgliedsstaat des Europäischen Patentübereinkommens und Vertragsstaat des PCT ist
V-2	Nationales Patent (andere Schutzrechtsarten oder Verfahren sind ggf. in Klammern nach der (den) betreffenden Bestimmung(en) angegeben)	DE JP US
V-5	<b>Erklärung bzgl. vorsorglicher Bestimmungen</b> Zusätzlich zu den unter Punkten V-1, V-2 and V-3 vorgenommenen Bestimmungen nimmt der Anmelder nach Regel 4.9 Absatz b auch alle anderen nach dem PCT zulässigen Bestimmungen vor mit Ausnahme der nachstehend unter Punkt V-6 angegebenen Staaten. Der Anmelder erklärt, daß diese zusätzlichen Bestimmungen unter dem Vorbehalt einer Bestätigung stehen und jede zusätzliche Bestimmung, die vor Ablauf von 15 Monaten ab dem Prioritätsdatum nicht bestätigt wurde, nach Ablauf dieser Frist als vom Anmelder zurückgenommen gilt.	
V-6	<b>Staaten, die von der Erklärung über vorsorgliche Bestimmungen ausgenommen werden</b>	KEINE
VI-1	<b>Priorität einer früheren nationalen Anmeldung beansprucht</b>	
VI-1-1	Anmeldedatum	27 Oktober 1998 (27.10.1998)
VI-1-2	Aktenzeichen	19849553.6
VI-1-3	Staat	DE
VII-1	<b>Gewählte Internationale Recherchenbehörde</b>	Europäisches Patentamt (EPA) (ISA/EP)

## PCT-ANTRAG

Original (für EINREICHUNG) - gedruckt am 27.10.1999 03:15:33 PM

VIII	Kontrollliste	Anzahl der Blätter	Elektronische Datei(en) beigefügt
VIII-1	Antrag	3	-
VIII-2	Beschreibung	43	-
VIII-3	Ansprüche	12	-
VIII-4	Zusammenfassung	1	fh991004.txt
VIII-5	Zeichnung(en)	6	-
VIII-7	INSGESAMT	65	
	Beigefügte Unterlagen	Unterlage(n) in Papierform beigefügt	Elektronische Datei(en) beigefügt
VIII-8	Blatt für die Gebührenberechnung	✓	-
VIII-10	Kopie der allgemeinen Vollmacht	Aktenzeichen 17406	-
VIII-16	PCT-EASY-Diskette	-	Diskette
VIII-18	Nr. der Abb. der Zeichn., die mit der Zusammenf. veröffentlicht werden soll	1	
VIII-19	Sprache der int. Anmeldung	Deutsch	
IX-1	Unterschrift des Anmelders oder Anwalts		
IX-1-1	Name (FAMILIENNAME, Vorname)		

## VOM ANMELDEAMT AUSZUFÜLLEN

10-1	Datum des tatsächlichen Eingangs dieser internationalen Anmeldung	
10-2	Zeichnung(en):	
10-2-1	Eingegangen	
10-2-2	Nicht eingegangen	
10-3	Geändertes Eingangsdatum aufgrund nachträglich, jedoch fristgerecht eingeg. Unterlage(n) oder Zeichnung(en) zur Vervollständigung dieser int. Anmeldung	
10-4	Datum des fristgerechten Eingangs der Berichtigung nach PCT Artikel 11(2)	
10-5	Internationale Recherchenbehörde	ISA/EP
10-6	Übermittlung des Recherchenexemplars bis zur Zahlung der Recherchegebühr aufgeschoben	

## VOM INTERNATIONALEN BÜRO AUSZUFÜLLEN

11-1	Datum des Eingangs des Aktenexemplars beim Internationalen Büro	
------	---	--

PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys  
European Trademark Attorneys

Fritz Schoppe, Dipl.-Ing.  
Tankred Zimmermann, Dipl.-Ing.  
Ferdinand Stöckeler, Dipl.-Ing.

Telefon/Telephone 089/790445-0  
Telefax/Facsimile 089/790 22 15  
Telefax/Facsimile 089/74996977  
e-mail 101345.3117@CompuServe.com

Patentanwälte · Postfach 710867 · 81458 München  
**Fraunhofer-Gesellschaft**  
zur Förderung der  
angewandten Forschung e. V.  
Leonrodstraße 54  
D-80636 München  
DE

---

**Vorrichtung und Verfahren zum Senden und**  
**Vorrichtung und Verfahren zum Empfangen**

---

# Vorrichtung und Verfahren zum Senden und Vorrichtung und Verfahren zum Empfangen

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Senden und auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Empfangen und insbesondere auf ein Mehrkanalkonzept, bei dem unterschiedliche Codierverfahren zum Einsatz kommen.

Die hochratige Datenübertragung in bestehenden Telefonnetzen zwischen Vermittlungsstelle und Endstelle gewinnt mit der Einführung neuer Internet-Dienste zunehmend an Bedeutung. Aus Kostengründen stehen hierfür vorerst nur die vorhandenen Cu-Kabel zur Verfügung. Diese wurden ursprünglich jedoch ausschließlich für die Übertragung niederfrequenter Sprachsignale dimensioniert und weisen ein ausgeprägtes Tiefpaßverhalten auf. Mittels entsprechender Leitungscodes gelingt die Übertragung von 144 kBit/s über Entfernungen bis etwa 5 km (ISDN-Basisanschluß) und, abhängig von der Qualität des Kabels und der vorhandenen Störumgebung, von 2 Mbit/s über Entfernungen von 2 - 3 km (ISDN-Primärgruppenanschluß). Bei diesen Verfahren kommen niederstufige, meist ternäre oder quaternäre, Codierverfahren zur Anwendung.

Wegen der mit der Frequenz stark zunehmenden Leitungsdämpfung und der starken Zunahme von Störungen zwischen einzelnen benachbarten Leitungspaaren eines Kabels eignen sich die erwähnten Verfahren mit ihren Leitungscodes jedoch nicht zur Übertragung noch höherer Bitraten.

Zur Übertragung höherer Datenraten wurden in jüngster Vergangenheit die aus der Theorie seit langem bekannten Vielträgerverfahren oder Multiträgerverfahren mit spektraler Anpassung an den Übertragungskanal für den praktischen Einsatz

entwickelt. Diese Verfahren ermöglichen durch ihre virtuelle Aufteilung des Übertragungskanals in zahlreiche einzelne Teilkanäle eine bessere Ausnutzung des Übertragungskanals.

Im Folgenden wird zunächst eine Beschreibung herkömmlicher OFDM- (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) bzw. DMT- (Discrete Multi Tone) Verfahren gegeben, in der dargelegt wird, daß bei diesen Verfahren eine bestimmte Information jeweils genau über eine Trägerfrequenz, d.h. einen Teilkanal übertragen wird.

Die Bitfehlerwahrscheinlichkeit eines digitalen Übertragungssystems wird wesentlich durch das gewählte Modulationsverfahren einerseits sowie durch die beim Empfänger dem Empfangssignal überlagerten Störungen andererseits bestimmt. Die Wahl des Modulationsverfahrens bestimmt dabei die mit jedem Modulationssymbol übertragbaren Bits. Teilkanäle im unteren Frequenzbereich weisen aufgrund der niedrigen Leitungsdämpfung und des geringeren Übersprechens zwischen benachbarten Aderpaaren beim Empfänger ein wesentlich höheres Signal/Rausch-Verhältnis (S/R-Verhältnis;  $S/R = \text{Carrier/Noise}$ ) auf als Teilkanäle in höheren Frequenzbereichen. Hierdurch wird es möglich, in niederfrequenten Teilkanälen durch Anwendung höherstufiger Modulationsverfahren mehr Information je Modulationssymbol zu übertragen. Insgesamt ergibt sich damit eine höhere Gesamtübertragungsrate. Bei xDSL-Übertragungsverfahren (DSL = Digital Subscriber Line) kommen ausschließlich  $2^x$ -QAM-Modulationsverfahren (QAM = Quadratur-Amplituden-Modulation) zur Anwendung. Bei diesen Modulationsverfahren wird eine bestimmte Anzahl von Bits einem cos-Träger und einem sin-Träger mit einer Frequenz durch Amplitudenmodulation aufgeprägt. Die Anzahl  $x$  der Informationen in Bit, welche einer Trägerschwingung bei der Modulation mittels eines  $2x$ -stufigen Modulationsverfahrens aufgeprägt werden, wird als Bitloadingfaktor bzw. Bitloading bezeichnet.

Bei xDSL-Verfahren ist durch geeignete Wahl der Aussendungs-  
dauer und des Frequenzabstandes der einzelnen Trägerschwin-  
gungen sichergestellt, daß zumindest im Fall einer verzer-  
rungsfreien Übertragung zwischen allen Trägerschwingungen  
hinreichend Orthogonalität besteht. Dies ermöglicht es, daß  
die einzelnen Trägerschwingungen als unabhängige Teilkanäle  
innerhalb des gesamten Übertragungskanals betrachtet werden  
können. Die Erzeugung der einzelnen sin- und cos-Träger-  
schwingungen geschieht nun nicht durch getrennte Modulation  
von N separat erzeugten Trägerschwingungen sondern insgesamt  
durch inverse diskrete Fourier-Transformation (IDFT) eines  
Vektors  $t$  mit N komplexwertigen Komponenten.

Fig. 7 der vorliegenden Erfindung zeigt eine herkömmliche  
OFDM-Übertragungsstrecke bzw. eine herkömmliche DMT-Über-  
tragungsstrecke. Die Übertragungsstrecke weist eine Quelle  
700 auf, die eine Folge von Informationssymbolen aussendet.  
Durch eine Einrichtung 702 zum Gruppieren werden jeweils M  
von der Quelle 700 gelieferte Informationssymbole zusammen-  
gefaßt und auf die N Komponenten eines Vektors  $t$  abgebildet.  
Dabei gilt im allgemeinen  $M$  ungleich  $N$ , und bei der Abbil-  
dung wird durch eine entsprechende Codierung, d.h. eine ge-  
eignete Gewichtung und Zuordnung zu den einzelnen Komponen-  
ten des Vektors  $t$  die Wahl des Modulationsverfahrens berück-  
sichtigt. Ein bestimmtes Informationssymbol wird dabei genau  
einer Komponente des Vektors  $t$  zugeordnet. Der Einrichtung  
702 zum Gruppieren folgt eine Einrichtung 704 zum Aufprägen  
der Informationssymbole bzw. der Komponenten des Vektors  $t$   
auf die entsprechenden Trägerfrequenzen des Übertragungskan-  
als. Jede Komponente des Vektors  $t$  wird dabei genau einer  
Trägerschwingung mittels einer inversen Fourier-Trans-  
formation (IDFT) aufgeprägt. Man erhält ein modulierte Si-  
gnal  $v$ , das über einen verzerrenden Übertragungskanal 706  
übertragen wird, an dessen Ende ein verzerrtes Signal  $w$   
austritt, dessen Träger oder Komponenten durch den Kanal  
abhängig von ihrer Trägerfrequenz unterschiedlich verzerrt  
werden.

Das Signal  $w$  wird durch eine Einrichtung 708 zum Extrahieren, d. h. eine Einrichtung zum Durchführen einer diskreten Fourier-Transformation (DFT), demoduliert, um die Informationssymbole bzw. die einzelnen Trägerschwingungen mit den ihnen aufgeprägten Informationssymbolen, zu extrahieren. Anschließend wird in einer Einrichtung 710 zum Entzerren bzw. in einem Kanalentzerrer die frequenzabhängige, durch den Übertragungskanal bedingte, Verzerrung des Signals soweit nötig und/oder möglich ausgeglichen, um ein entzerrtes Signal  $z$  zu erhalten, das durch eine Einrichtung 712 zum Aufheben der Gruppierung wieder in eine Folge von Informationssymbolen umgewandelt und zu einer Senke 714 bzw. einem Empfänger (dem Adressaten der Nachricht) weitergegeben wird.

Der gültige Standard für das Übertragungsverfahren ADSL (ADSL = Advanced Digital Subscriber Line) sieht z. B. die Aufteilung des Frequenzbereichs 26 kHz bis 1104 kHz in insgesamt 248 Teilkanäle mit je 4,35 kHz Bandbreite vor. Für die Übertragung in den tieffrequenten Teilkanälen sieht der Standard dann die Anwendung eines  $2^{15}$ -QAM-Modulationsverfahrens mit einer Informationsrate bzw. einem Bitloading von 15 Bit/Modulationssymbol vor, wohingegen in den obersten Teilkanälen lediglich ein 4-QAM-Modulationsverfahren mit einer Informationsrate von 2 Bit/Modulationssymbol zur Anwendung kommt. Die Stufenzahl der in den einzelnen Teilkanälen zur Anwendung kommenden Modulationsverfahren erniedrigen sich entsprechend dem mit der Frequenz abnehmenden S/R-Verhältnis. Insgesamt ergibt sich eine Brutto-Übertragungsrate von ca. 8 Mbit/s innerhalb eines Frequenzbereichs von 26 kHz bis 1104 kHz, was einer Bandbreiteneffizienz von etwa 7,6 Bit/Hz entspricht. Legt man die im Standard angeführten Kabelkonfigurationen zugrunde, so ergibt sich, abhängig von der Leistungsdämpfung und der übertragenen Datenrate, eine überbrückbare Entfernung von ca. 6 km.

Fig. 8 zeigt das S/R-Verhältnis des Kanals als Funktion der Frequenz, das die obere Frequenzgrenze der Teilkanäle bestimmt, und die nutzbare Trägerbelegung beim herkömmlichen OFDM-Verfahren bzw. DMT-Verfahren. Die kontinuierlich abfallende Kurve in Fig. 8 gibt das sich aufgrund der Kabeldämpfung ergebende S/R-Verhältnis über der Frequenz wieder. Dabei wird von einem Störgeräusch mit konstanter spektraler Störleistungsdichte  $N_0$  ausgegangen. Die treppenförmig absteigende Kurve gibt das bei Verwendung eines  $2^X$ -Modulationsverfahrens nutzbare S/R-Verhältnis an. Der abrupte Abbruch der Treppenkurve resultiert aus der Tatsache, daß auch beim angewendeten niederstufigen Modulationsverfahren 4-QAM (oder auch 2-QAM) ein gewisses minimales S/R-Verhältnis gegeben sein muß, um eine bestimmte Bitfehlerrate sicherzustellen. Dieser Wert ergibt sich u.a. aus der gewünschten Zuverlässigkeit der Übertragung und dem gewünschten Implementierungsaufwand für die FEC (Forward Error Correction = Vorwärtsfehlerkorrektur). Dieses minimale S/R-Verhältnis für das niederststufige Modulationsverfahren wird im Rahmen dieser Beschreibung als Implementierungsmargin bezeichnet. In Fig. 8 wird beispielhaft ein Wert von 14 dB zugrunde gelegt.

Ein Nachteil des oben beschriebenen Verfahrens besteht darin, daß trotz der spektralen Effizienz von ca. 7,6 Bit/Hz das Verfahren für die digitale Signalverarbeitung eine Digital-Analog- und Analog-Digital-Wandlung mit einer Genauigkeit von deutlich mehr als  $2 \times 7$  Bit, d.h. eine Signalraumquantelung von mehr als  $2^{15}$ , erfordert, was dem Doppelten der tatsächlichen Bandbreiteneffizienz des Übertragungsverfahrens entspricht. Diese Genauigkeit ist erforderlich, damit die gesamte in den unteren Teilkanälen übertragene Information fehlerfrei codiert und decodiert werden kann.

Ein weiterer Nachteil des oben beschriebenen Verfahrens besteht darin, daß die Digital-Analog- und Analog-Digital-Wandlung mit mindestens der doppelten Frequenz des obersten Teilkanals erfolgen muß. Es ergeben sich daher gravierende



#### Implementierungsnachteile.

Ein weiterer Nachteil des oben beschriebenen Verfahrens besteht darin, daß die gesamte Signalverarbeitung bis zum Entscheider, z. B. die erforderliche Fourier-Transformation, mit einer numerischen Genauigkeit durchgeführt werden muß, bei der sichergestellt ist, daß auftretende Rundungsfehler die einwandfreie Erfassung der Information in niederfrequenten Teilkanälen nicht beeinträchtigen.

Ein weiterer Nachteil des oben beschriebenen Verfahrens besteht darin, daß sich die für die einzelnen Teilkanäle verwendeten Modulationsverfahren nur in Schrittweiten von Potenzen von 2 anpassen lassen. Mithin kann erst dann von einem  $2^x$ -stufigen Modulationsverfahren auf ein  $2^{x+1}$ -stufiges Modulationsverfahren übergegangen werden, wenn sich das S/R-Verhältnis im jeweiligen Teilkanal um den Faktor 2 erhöht hat. Eine geringere Erhöhung des S/R-Verhältnisses kann nicht genutzt werden.

In der Fachveröffentlichung "Channel Coding and Modulation for Transmission over Multipath Channels", Jürgen Lindner, AEÜ, Band 49, Nr. 3, 1995, Seiten 110-119 sind verschiedene Verfahren zur Kanalcodierung und Modulation bei einer Übertragung über Mehrwegekanäle beschrieben. Angenommen wird eine codierte Modulation zusammen mit einer linearen Blockmodulation mit orthogonalen Funktionen. Dies beinhaltet zum einen übliche Mehrträgerverfahren gemäß der OFDM Technik, sowie deren Verallgemeinerung, was als OCDM-Verfahren bezeichnet wird, wobei das "C" für "Codieren" steht. Beim OCDM-Verfahren wird die "Last der Übertragung" über alle OFDM-Teilkanäle übertragen, indem der Vektor, der sämtliche über alle Kanäle parallel zu übertragenden Symbole umfaßt, mit einer unitären Matrix multipliziert wird. Jeder OFDM-Teilkanal trägt nun einen Teil jeder Komponente des Vektors, d. h. jedes Symbols. Ein entsprechender Algorithmus auf der Empfangsseite umfaßt eine Matrixmultiplikation mit einer zur

Matrix im Sender konjugiert komplex transponierten Matrix. Dadurch, daß alle Symbole, die parallel über einen Übertragungskanal übertragen werden, miteinander verbunden werden, wird auch die gesamte Rauschleistung des Kanals nach einer inversen Kombination im Empfänger auf alle Teilkanäle gleichmäßig verteilt.

Nachteilig an diesem Verfahren ist die Tatsache, daß es nicht auf Modulationsverfahren anwendbar ist, die in Fig. 7 und Fig. 8 beschrieben sind. Verschiedene Teilkanäle erfordern aufgrund der unterschiedlichen Signal/Rausch-Verhältnisse unterschiedliche Codierverfahren, damit ein über diesen Kanal übertragenes Symbol mit einer bestimmten Zuverlässigkeit im Empfänger decodiert werden kann. Eine Vergleichmäßigung über den gesamten Übertragungskanal würde daher dazu führen, daß lediglich die Träger mit höheren Trägerfrequenzen, für die Codierverfahren zum Einsatz gekommen sind, die relativ wenig Informationen zuweisen, wieder korrekt decodiert werden können, während niederfrequenzere Träger, bei denen höherstufige Codierverfahren zum Einsatz gekommen sind, aufgrund einer Verletzung des Grenz-Signal/Rausch-Verhältnisses, d. h. des Signal/Rausch-Verhältnisses, das minimal erforderlich ist, um eine korrekte Decodierung mit vorbestimmter Zuverlässigkeit dieses Teilkanals zu erreichen, nicht mehr korrekt decodiert werden können, was zu gravierenden Informationsverlusten führen wird.

Ein weiteres Problem bei dem bekannten Verfahren der Kombination aller Träger miteinander besteht darin, daß ein Übertragungskanal, der einen oder mehrere Frequenzbereiche aufweist in denen eine sehr hohe Dämpfung und/oder eine sehr hohe Störleistung auftritt, zu einem vollkommenen Informationsverlust im gesamten Übertragungskanal führen kann, wenn als Ergebnis der inversen Kombination im Empfänger das resultierende gemittelte Signal/Rausch-Verhältnis unter einen bestimmten Wert sinkt. Anders ausgedrückt können sehr wenige, sehr schlechte Teilkanäle die Bitfehlerrate beim Deco-

dieren aller Teilkanäle unter einen geforderten Minimalwert absinken lassen. Abhilfe dagegen kann nur erreicht werden, wenn entweder die Sendeleistung in allen Teilkanälen erhöht wird, oder wenn ein Codierverfahren zum Einsatz kommt, das einem Informationssymbol weniger Informationen zuweist, derart, daß das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis für ein Decodieren mit einer geforderten Mindest-Zuverlässigkeit ausreicht.

Diese beiden Möglichkeiten sind jedoch nicht wünschenswert, da eine Erhöhung der Sendeleistung unter Umständen nicht durchführbar ist, z.B. im Falle einer vorgegebenen maximalen spektralen Leistungsdichte des Sendesignals oder einer vorgegebenen maximalen Gesamtleistung des Sendesignals, oder daß der Anwendungsfall eine bestimmte Mindestübertragungsrate erfordert, die bei Verwendung niederstufiger Modulationsverfahren dann nicht mehr erreicht werden kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Senden einer Folge von Informationssymbolen sowie eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Empfangen eines gesendeten Signals zu schaffen, die eine gute Ausnutzung der verfügbaren Kapazität des Übertragungssignals bei einfacher Implementierung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum Senden nach Patentanspruch 1, für eine Vorrichtung zum Empfangen nach Patentanspruch 16, durch ein Verfahren zum Senden nach Patentanspruch 21 und durch ein Verfahren zum Empfangen nach Patentanspruch 22 gelöst.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß durch Vergleichmäßigung des Verlaufs der Rauschleistungsdichte bzw. Störleistungsdichte bzw. durch eine Vergleichmäßigung des Signal/Rausch-Verhältnisses in jeweiligen Sätzen von Teilkanälen eines gestörten Übertragungskanals bzw. durch die Verteilung der zu übertragenden Informationen in Sätzen von Teilkanälen eines Gesamtübertragungskanals

sich eine bessere Ausnutzung der verfügbaren Kapazität des Übertragungskanal erzielen läßt, und so einerseits eine Erhöhung der Zuverlässigkeit der übertragenen Information ermöglicht wird.

Das erfindungsgemäße Konzept zeichnet sich einerseits dadurch aus, daß bereits beim Senden der Übertragungskanal derart berücksichtigt wird, daß zumindest zwei unterschiedliche Codierverfahren zum Einsatz kommen, die sich in der Informationsmenge unterscheiden, die sie einem Informationssymbol zuweisen, und daß die Codierverfahren bei der Kombination der codierten Informationssymbole aus den jeweiligen Teilsätzen berücksichtigt werden. Dies äußert sich darin, daß nur Teilkanäle innerhalb eines Satzes von Teilkanälen miteinander kombiniert werden, d. h. daß nur Teilkanäle miteinander kombiniert werden, die mit dem gleichen Codierverfahren codiert worden sind. Die Vergleichmäßigung des Signal/Rausch-Verhältnisses findet somit nicht über den gesamten Übertragungskanal statt, sondern an den Kanal angepaßt, bzw. an die verschiedenen Codierverfahren angepaßt. Das Vergleichmäßigen in den beiden Teilsätzen, d. h. das Kombinieren der codierten Informationssymbole in den einzelnen Sätzen von Teilkanälen führt dazu, daß jeder Satz von Teilkanälen zumindest einen Teilkanal aufweist, dessen Signal/Rausch-Verhältnis ohne den Schritt des Kombinierens kleiner als ein Grenz-Signal-Rausch-Verhältnis sein würde, das für das von dem Satz, zu dem dieser Teilkanal gehört, verwendete Codierverfahren minimal erforderlich ist, um eine vorbestimmte Zuverlässigkeit beim Decodieren der Informationssymbole zu erhalten, und dessen Signal/Rausch-Verhältnis aufgrund des Schritts des Kombinierens größer oder gleich diesem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist.

Üblicherweise wird ein Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis dadurch definiert sein, daß ein Decodierer im Empfänger die codierten Informationssymbole mit einer Bitfehlerrate decodieren kann, die unterhalb einer maximal zulässigen Bitfeh-

lerrate ist. Selbstverständlich ist dieser Wert je nach Anwendungsfall variabel, je nachdem, welche Empfangsqualität im Empfänger gefordert ist.

Es sei darauf hingewiesen, daß zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in seiner allgemeinsten Form keine exakte Kenntnis des Übertragungskanals erforderlich ist, sondern lediglich eine grobe Schätzung des Übertragungskanals, um das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis für jeden Teilkanal zumindest grob einschätzen zu können. Je genauer der Übertragungskanal jedoch bekannt ist bzw. dynamisch gemessen wird, desto genauer können die verschiedenen Modulationsverfahren und die verschiedenen Sätze von Teilkanälen an den vorhandenen Übertragungskanal adaptiert werden und eine entsprechend höhere nutzbare Übertragungsrate wird sich im Ergebnis einstellen. Im Falle einer genauen Kenntnis des Übertragungskanals kann so mit dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung die übertragbaren Informationsrate gegenüber dem Stand der Technik deutlich erhöht werden. Selbst wenn der Kanal nur ganz grob abgeschätzt ist, ermöglicht die vorliegende Erfindung dennoch aufgrund der zumindest zwei verwendeten Codierverfahren in Verbindung mit den zumindest zwei verwendeten Kombinationsvorschriften bereits eine Kanal-angepaßte Übertragung, wobei die Datenrate des erfindungsgemäßen Sende/Empfangs-Konzepts bereits aufgrund der Tatsache, daß jeder Satz von Teilkanälen zumindest einen Teilkanal enthält, dessen Signal/Rausch-Verhältnis aufgrund des Kombinierens größer oder gleich einem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist, womit zumindest auf diesen einen Teilkanal noch ein höherstufiges Codierverfahren angewendet werden kann, d. h. daß ihm mehr Information zugeordnet werden kann, als es beim Stand der Technik, der in Fig. 8 dargelegt ist, der Fall ist. Darüberhinaus ermöglicht das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung eine Erhöhung der nutzbaren Gesamtbandbreite des Übertragungskanals, da der zumindest eine Teilkanal des zweiten Satzes von Teilkanälen beim bekannten Konzept bereits nicht mehr nutzbar ist, da

für diesen Teilkanal ohne das Kombinieren im zweiten Teilsatz das Signal/Rausch-Verhältnis bereits kleiner als das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis war.

Das erfindungsgemäße Verfahren liefert eine hohe Flexibilität dahingehend, wie nahe bei der Vergleichmäßigen des Signal/Rausch-Verhältnisses in einem Satz von Teilkanälen an die Zuverlässigkeitsgrenze herangegangen wird. Anders ausgedrückt wird das Signal/Rausch-Verhältnis der Teilkanäle in einem Satz von Teilkanälen um so geringer, je mehr Teilkanäle beim Kombinieren berücksichtigt werden, ohne Kombinieren eine Übertragungsqualität aufweisen würden, die den Anforderungen des Codierverfahrens bei diesem Teilkanal nicht entsprechen würde. Es kann also immer ein guter Kompromiß zwischen Übertragungsrate und Zuverlässigkeit gewonnen werden.

Wird das Signal/Rausch-Verhältnis der Teilkanäle in einem Satz von Teilkanälen sehr nahe dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis gewählt, so ist die Anzahl der Teilkanäle, in denen ein höherwertiges Codierverfahren verwendet werden kann, hoch, wodurch eine entsprechend höhere Datenrate realisierbar wird, was jedoch eine genauere Kenntnis des Kanals erforderlich macht. Wird dagegen die Anzahl der Teilkanäle, die im Vergleich zum bekannten Verfahren zusätzlich mit dem höherstufigen Codierverfahren codiert werden können, niedrig gewählt, so liegt das Signal/Rausch-Verhältnis der Teilkanäle in dem Satz von Teilkanälen deutlich über dem mindestens erforderlichen Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis. In diesem Fall ist eine nicht so präzise Kenntnis des Übertragungskanals erforderlich, da auch Abweichungen des Übertragungsverhaltens nicht unmittelbar zu einem Absinken des Signal/Rausch-Verhältnisses unter das erforderliche Mindest-Signal/Rausch-Verhältnis und damit zu einem Verlust der in diesem Satz von Teilkanälen übertragenen Information führt. Selbst wenn im Falle eines nur grob bekannten Kanals ein "Übertragungsloch" auftritt, findet im

schlimmsten Fall lediglich ein Gesamtverlust des Satzes von Teilkanälen statt, in dem das Übertragungsloch liegt. Die Teilkanäle des zumindest einen anderen Satzes sind davon jedoch nicht betroffen, da nicht über den gesamten Übertragungskanal kombiniert wurde, sondern lediglich innerhalb der Sätze von Teilkanälen. Es ist offensichtlich, daß dieser Kompromiß sehr stark anwendungsabhängig ist.

Sehr einfach an den gegebenen Anwendungsfall adaptierbar ist bei dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung die Anzahl der verwendeten unterschiedlichen Codierverfahren und Modulationsverfahren sowie die Anzahl der daraus resultierenden verwendeten Sätze von Teilkanälen. Ist als Optimierungskriterium des Anwendungsfalles einzig die Maximierung der übertragbaren Informationsrate vorgegeben, d.h. soll die zur Verfügung stehende Kanalkapazität ohne Beachtung weiterer Randbedingungen optimal ausgenutzt werden, so bietet sich die Verwendung einer größeren Anzahl von Sätzen von Teilkanälen an, wodurch sich eine optimale spektrale Anpassung an den vorhandenen Übertragungskanal ergibt. In diesem Falle wird die Aufteilung der Einzelkanäle zu den verschiedenen Sätzen von Teilkanälen derart vorgenommen, daß sich, unter Verwendung von Sätzen von Teilkanälen mit ggfl. sehr unterschiedlichen Bitloadingfaktoren, d.h. Codierverfahren, welche sich in der Signalraumquantelung entsprechend dem Anwendungsfall sehr stark unterscheiden können, als Ergebnis dieser Aufteilung eine optimale Anpassung an den Übertragungskanal und eine maximale übertragbare Informationsrate ergibt. Dies hat jedoch manchmal den Nachteil, daß sehr genaue A/D-Wandler bzw. Arithmetik-Einrichtungen verwendet werden müssen. Ist als Optimierungskriterium des Anwendungsfalles jedoch die einfache Implementierung der Signalverarbeitungseinrichtungen in Sender und Empfänger vorgegeben, so bietet das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung die Möglichkeit einer Anpassung an den Übertragungskanal durch Verwendung von minimal 2 Sätzen von Teilkanälen mit verschiedenen Codierverfahren, z.B. mit einem ersten Satz von

Teilkanälen, in dem ein  $2^2$ -QAM-Verfahren als Codierverfahren zur Anwendung kommt und einem zweiten Satz von Teilkanälen, in denen ein  $2^3$ -QAM-Verfahren zur Anwendung kommt. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht durch die Vergleichmäßigung eine Ausweitung des für die Übertragung nutzbaren Frequenzbereichs gegenüber dem Stand der Technik und so eine Steigerung der übertragbaren Informationsrate gegenüber Verfahren nach dem Stand der Technik.

Ebenfalls hohe Flexibilität ermöglicht die vorliegende Erfindung bezüglich der Belegung der Sätze von Teilkanälen. Im Falle einer Übertragung mit maximaler Datenrate wird die Anzahl der Sätze von Teilkanälen der Anzahl der maximal möglichen Codierverfahren entsprechen. Im Falle der Anforderung nach einfacher Implementierbarkeit, z.B. der Forderung der Verwendung von A/D- und D/A-Wandlern mit einer grobstufigen Amplitudenquantisierung, der Forderung nach einer einfachen Implementierung der numerischen Signalverarbeitung oder der Forderung nach Zulässigkeit größerer linearer oder nicht-linearer Signalverzerrungen wird die Anzahl der Sätze von Teilkanälen minimal sein und es werden Codierverfahren mit nur grober Quantisierung des Signalraumes zur Anwendung kommen, im Extremfall wird die Anzahl der Sätze von Teilkanälen gleich der erforderlichen minimalen Anzahl von 2 sein und es werden 2 verschiedene Codierverfahren, im Extremfall ein  $2^2$ -QAM- und ein  $2^3$ -QAM-Verfahren als Codierverfahren zur Anwendung kommen, wobei die obere Frequenzgrenze des ersten Satzes von Teilkanälen bzw. die untere Frequenzgrenze des zweiten Satzes von Teilkanälen wiederum je nach Anforderung festgelegt werden kann. Wird auf eine möglichst hohe Datenrate abgestellt, so wird die obere Frequenzgrenze des ersten Satzes von Teilkanälen möglichst hoch gewählt, derart, daß sämtliche Teilkanäle des ersten Satzes von Teilkanälen bzgl. des durch das Codierverfahren bestimmten Grenz-Signal/Rausch-Verhältnisses nur eine geringe Implementierungsmargin aufweisen. Die Genauigkeit, mit der dies durchgeführt werden kann, wird von der Genauigkeit



bestimmt, mit der das Übertragungsverhalten des Gesamtkanals bekannt ist.

Ist von einem Übertragungskanal bekannt, daß er Teilkanäle mit schlechtem oder sehr schlechtem Übertragungsverhalten besitzt, so bietet es sich an, diese Teilkanäle von der Zuordnung zu den Sätzen von Teilkanälen und damit von der Übertragung auszuschließen. Hierdurch wird, abhängig vom genauen Übertragungsverhalten in den einzelnen Teilkanälen, eine andere Zusammenfassung der Sätze von Teilkanälen, verbunden mit einer Erweiterung des für die Übertragung nutzbaren Frequenzbereichs des Übertragungskanals möglich.

Das erfindungsgemäße Verfahren liefert somit auch dahingehend Flexibilität, daß nicht, wie im Stand der Technik, die Informationssymbole sämtlicher Träger miteinander kombiniert werden müssen, sondern daß auch Teilkanäle bzw. Träger zwischen zwei Sätzen von Teilkanälen "unbehandelt" bleiben können bzw. überhaupt nicht mit Informationen belegt werden. Dieses Konzept ist ferner derart erweiterbar, daß in einem Übertragungskanal mehrere Bänder nicht kombiniert werden.

Schließlich ist das erfindungsgemäße Sende/Empfangs-Konzept nicht nur auf Mehrträgerverfahren, wie z. B. OFDM-Verfahren, anwendbar, sondern auch auf andere Codierverfahren und Modulationsverfahren sowie andere Übertragungskanäle die Teilkanäle mit unterschiedlichem Übertragungsverhalten, d.h. unterschiedliche Übertragungsqualität, aufweisen, z.B. auf klassische Codierverfahren mit verschiedenstufigen Pulsamplitudenmodulationsverfahren sowie auf Übertragungskanäle mit zeitvariantem Übertragungsverhalten, d.h. zeitlicher Varianz der Übertragungsqualität der einzelnen Teilkanäle. Als Beispiele seien hier der Funkkanal sowie die verschiedenen Ausbreitungsmodi auf einer Vierdrahtleitung genannt.

Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß

dieselbe eine bessere Nutzung der Kapazität des Übertragungskanals bzw. der Teilkanäle des Übertragungskanals und damit eine höhere Übertragungsrate ermöglicht, insbesondere dann, wenn die zulässige spektrale Leistungsdichte des Sendesignals oder die Gesamtleistung des Sendesignals begrenzt ist.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß der durch das Verfahren gewonnene Teil an Übertragungsrate ganz oder Teilweise als zusätzliche Redundanz zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Übertragung verwendet werden kann.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß die Erhöhung der verfügbaren Übertragungsrate im gesamten Übertragungskanal bzw. in Teilkanälen des Übertragungskanals bei gegebener Übertragungsrate zur Reduzierung des maximal erforderlichen Bitloadingfaktors verwendet werden kann, und damit der Implementierungsaufwand und die Kosten, z. B. der A/D-Wandlung und der D/A-Wandlung, sowie der erforderliche Aufwand zur numerischen Signalverarbeitung reduziert werden können.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß suboptimale Systeme mit sehr niedrigen Bitloadingfaktoren und großer Bandbreiteneffizienz zur Übertragung von Information über linear verzerrende gestörte Kanäle realisiert werden können.

Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, daß Signale mit geringeren Bitloadingfaktoren verwendet werden können, was die Anwendung einer grobstufigeren Amplitudenquantisierung ermöglicht und in der Folge die Tolerierung größerer linearer oder nicht-linearer Signalverzerrungen gestattet.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung

werden nachfolgend beziehend auf die beiliegenden Zeichnungen detailliert erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Prinzipblockschaltbild des erfindungsgemäßen Sende/Empfangskonzepts am Beispiel einer Mehrträgermodulation mittels des OFDM-Verfahrens;
- Fig. 2 eine graphische Darstellung des Bandbreitengewinns durch das erfindungsgemäße Sendekonzept;
- Fig. 3 das für eine bestimmte Empfangszuverlässigkeit minimale Signal/Rausch-Verhältnis des Übertragungskanals als Funktion der Frequenz sowie die Grenz-Signal/Rausch-Verhältnisse der einzelnen Codierverfahren und die nutzbare Trägerbelegung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- Fig. 4 einen Vergleich der erfindungsgemäßen Trägerbelegung von Fig. 4 und der Trägerbelegung beim herkömmlichen DMT-Verfahren, die in Fig. 8 skizziert ist;
- Fig. 5 das für eine bestimmte Empfangszuverlässigkeit minimale Signal/Rausch-Verhältnis des Übertragungskanals als Funktion der Frequenz sowie die Grenz-Signal/Rausch-Verhältnisse der einzelnen Codierverfahren und die nutzbare Trägerbelegung gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei dem geringe Bitloadingfaktoren erwünscht sind;
- Fig. 6 die erreichbare Datenrate in Abhängigkeit von dem maximalen Bitloadingfaktor für die in Fig. 8 skizzierte herkömmliche Trägerbelegung, für die in Fig. 3 skizzierte erfindungsgemäße Trägerbelegung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel und für die in Fig. 5 skizzierte erfindungsgemäße Trägerbelegung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel;

Fig. 7 eine herkömmliche OFDM-Übertragungsstrecke; und

Fig. 8 das für eine bestimmte Empfangszuverlässigkeit minimale Signal/Rausch-Verhältnis des Übertragungskanaals als Funktion der Frequenz sowie die Grenz-Signal/Rausch-Verhältnisse der einzelnen Codierverfahren und die nutzbare Trägerbelegung gemäß dem bekannten OFDM-Konzept von Fig. 7.

Fig. 1 zeigt eine Gesamtübersicht über das erfindungsgemäße Sende/Empfangs-Konzept. Im linken Teil von Fig. 1 befindet sich eine Vorrichtung zum Senden von Informationen aus einer Quelle 100, die eine Einrichtung 102 zum Gruppieren der Informationen und Umwandeln dieser Informationen in, dem später verwendeten Codierverfahren entsprechende, Signalwerte, im allgemeinsten Fall zum Seriell/Parallel-Wandeln, hat, sowie eine erste Codiereinrichtung 103a, eine zweite Codiereinrichtung 103b, eine erste Kombinationseinrichtung 104a, eine zweite Kombinationseinrichtung 104b sowie eine Einrichtung zum Zuordnen der kombinierten codierten Informationssymbole zu den Teilkanälen, welche im Falle eines OFDM-Verfahrens eine Einrichtung zum Durchführen einer inversen diskreten Fouriertransformation sein kann, die in Fig. 1 mit einem Bezugszeichen 106 bezeichnet ist.

Wie es noch ausgeführt werden wird, ordnen das erste und das zweite Codierverfahren sowie im Falle von mehr als zwei Codierverfahren die entsprechenden weiteren Codierverfahren den jeweiligen erzeugten codierten Informationssymbolen bestimmte - von Codierverfahren zu Codierverfahren - unterschiedliche Mengen von Informationen zu. Wenn der beispielhafte Fall betrachtet wird, bei dem die Informationen in Bits vorliegen, so unterscheiden sich die Informationsmengen in der Anzahl der Bits. Die Einrichtung 102 zum Gruppieren wird dann die Informationsbits derart auf die Teilkanäle

verteilen, daß für jeden Teilkanal die für das hier verwendete Codierverfahren erforderliche Anzahl von Informationsbits gruppiert ist. Werden Teilkanäle beispielsweise einem  $2^2$ -QAM-Codierverfahren unterzogen, so wird die Gruppierungseinrichtung jedem dieser Teilkanäle 2 Informationsbits liefern. Werden Teilkanäle dagegen beispielsweise einem  $2^5$ -QAM-Codierverfahren unterzogen, so wird die Gruppierungseinrichtung jedem dieser Teilkanäle 5 Informationsbits liefern. Das codierte Informationssymbol, das durch den Codierer erzeugt wird, hat also im ersten Fall eine Menge von 2 Informationsbits zugeordnet und im zweiten Fall eine Menge von 5 Informationsbits. Die Gruppierungseinrichtung ist also wirksam, um jedem verwendeten Teilkanal die Informationsmenge zuzuordnen, die er aufgrund des für diesen Teilkanal vorgesehenen Codierverfahrens haben soll.

Das Ausgangssignal der Einrichtung 106 wird über den Kanal 108 zum Eingang des Empfängers übertragen. Dieser Kanal kann dabei in verschiedenen Realisierungsformen vorliegen, z.B. könnte es sich um einen Kabelkanal in Form einer Telephonanschlußleitung oder einer Energieversorgungsleitung handeln oder auch um einen Funkkanal. Fig. 8 müßte in diesen Fällen um Einrichtungen zur Anpassung des Sendesignals und des Empfangssignals an einen solchen Kanal ergänzt werden. Durch die Übertragung über den Kanal wird das Signal gedämpft und verzerrt. Zusätzlich werden dem Signal additiv verschiedene Störungen überlagert. Das Ausgangssignal des Kanals, bezeichnet mit  $w$ , bildet das Eingangssignal der Einrichtung 110 des Empfängers.

Der Empfänger umfaßt eine Einrichtung 110 zum Extrahieren der empfangenen Symbole und zum Zuordnen zu den einzelnen Teilkanälen, die im hier gezeigten OFDM-Fall eine Einrichtung ist, die eine diskrete Fouriertransformation durchführt. Daran anschließend folgt ein Kanalentzerrer, um sämtliche Teilkanäle, unabhängig von der bei der Übertragung aufgetretenen individuellen Signaldämpfung, auf den gleichen

Pegel zu bringen. Dem Kanalentzerrer 112 ist dann eine erste Einrichtung zum Durchführen einer inversen Kombination 114a sowie eine zweite Einrichtung zum Durchführen einer inversen Kombination 114b nachgeschaltet, welche wiederum ausgangsseitig mit einem ersten Decodierer 115a und einem zweiten Decodierer 115b verbunden sind, die ausgangsseitig decodierte Informationssymbole liefern, die durch eine Einrichtung 116 zum Parallel/Seriell-Wandeln der decodierten Informationssymbole in einen seriellen Datenstrom umgewandelt werden, der dann einer Informationssinke 118 zugeführt werden kann.

Im Falle der Sicherung der Übertragung durch entweder Verfahren zur Vorwärts-Fehlerkorrektur (FEC: Forward Error Correction) oder durch Verfahren zur automatischen Wiederholung der Übertragung (ARQ: Automatic Request) oder eine Kombination derartiger Verfahren bietet es sich an, die entsprechenden Einrichtungen senderseitig zwischen den Einrichtungen 102 und 103a und 103b sowie empfangsseitig zwischen den Einrichtungen 115a und 115b und 116 anzuordnen.

Definitionsgemäß werden die Teilkanäle, die durch den ersten Codierer 103a jeweils codiert werden, als erster Satz von Teilkanälen bezeichnet. Bei dem in Fig. 1 gezeigten sehr schematischen Beispiel, bei dem lediglich sieben Teilkanäle vorhanden sind, bilden die ersten vier Teilkanäle von oben in Fig. 1 aus gezählt den ersten Satz von Teilkanälen mit den Nummern 1 bis 4. Die letzten drei Teilkanäle bilden den zweiten Satz von Teilkanälen, d. h. die Teilkanäle mit den Nummern 5, 6 und 7.

Die beiden Codierer 103a und 103b unterscheiden sich darin, daß die Informationsmenge, die sie jeweils einem codierten Informationssymbol zuordnen, unterschiedlich groß ist. Diese Zuordnung geschieht derart, daß, unabhängig von dem in diesem Satz von Teilkanälen verwendeten Modulationsverfahren, eine bestimmte Anzahl von Informationssymbolen der Einrich-

tung 102 zusammengefasst werden und dem entsprechenden Teilkanal aus dem Satz von Teilkanälen ein entsprechender, (von der Quantelung des Signalraums durch das Modulationsverfahren abhängiger) i.a. komplexwertiger Signalwert am entsprechenden Ausgang zugeordnet wird, wobei die Anzahl der Ausgänge der Codiereinrichtung 103a der Anzahl der Teilkanäle im ersten Satz von Teilkanälen entspricht und sich von der Anzahl der zugeordneten Eingänge i.a. unterscheidet, wobei diese Unterscheidung für jeden Satz von Teilkanälen, entsprechend für jede Codiereinrichtung, individuell abhängig vom im Teilkanal gewählten Modulationsverfahren ist. Im Falle der bei einer Übertragung nach dem ADSL-Standard verwendeten QAM-Modulationsverfahren unterscheiden sich die beiden Codiereinrichtungen 103a und 103b darin, daß QAM-Verfahren mit unterschiedlicher Quantelung des Signalraumes verwendet werden, was in der Beschreibung des ADSL-Standards als unterschiedliche Bitloadingfaktoren bezeichnet wird, d.h. daß z.B. der Codierer 103a bei Verwendung eines  $2^x$ -QAM-Modulationsverfahrens im ersten Satz von Teilkanälen jeweils  $x$  Informationssymbole zusammen betrachtet und davon abhängig für das Ausgangssignal des zugeordneten Teilkanals einen von  $2^x$  möglichen Signalpegeln generiert, während der Codierer 103b dann für den zweiten Satz von Teilkanälen jeweils  $(x-y)$  Informationssymbole zusammenfaßt und abhängig von diesen einen anderen von  $2^{(x-y)}$  möglichen Signalpegeln am Ausgang des zugeordneten Teilkanals generiert.

Die beiden Kombinierer 104a, 104b führen eine Kombination der Teilkanäle in dem jeweiligen Satz von Teilkanälen durch. Mathematisch kann dieses Kombinieren für jede der Kombinierereinrichtungen 104a bzw. 104b beschrieben werden als Matrixmultiplikation eines Vektors  $t$  von jeweiligen Eingangssignalen mit einer Matrix  $P$ , welche als Ergebnis jeweils einen Vektor von Ausgangssignalen für den entsprechenden Satz von Teilkanälen liefert. Die Matrizen der verschiedenen Kombiniereinrichtungen können individuell verschieden oder gleich sein. Die genaue Wahl der Kombinationsvorschriften bzw. der

jeweiligen Matrizen  $P$  der Kombiniereinrichtungen 104a und 104b müssen in Abstimmung mit den zugeordneten inversen Kombinationsvorschriften der Einrichtungen 114a und 114b des Empfängers vorgenommen werden wobei, wie noch gezeigt werden wird, orthogonale und normierte, d.h. orthonormierte bzw. im komplexen unitäre Matrizen Vorteile bieten. Durch dieses Kombinieren wird jede Information eines jeden Ausgangssignals der Codiereinrichtung 103a bzw. 103b einem jeden Ausgangssignal der jeweiligen Kombiniereinrichtung 104a bzw. 104b aufgeprägt, d.h. jede Information eines jeden Teilkanals des jeweiligen Satzes von Teilkanälen wird jedem Teilkanal des jeweiligen Satzes von Teilkanälen aufgeprägt, wobei die leistungsmäßige Aufteilung eines jeden codierten Symbols eines jeden Teilkanals auf die einzelnen Teilkanäle des Satzes von Teilkanälen i.a. gleichmäßig erfolgen sollte. Wenn im nachfolgenden immer nur von einer Kombinationsvorschrift gesprochen wird, so gelten diese Ausführungen für beide Kombinationsvorschriften bzw. im allgemeinsten Fall für jede der  $n$  vorhandenen Kombinationsvorschriften.

Das in Fig. 1 gezeigte Sende/Empfangs-Konzept wird nachfolgend auch als COFDM-Übertragungsstrecke (COFDM = Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing) bezeichnet, die für einen DSL-Kanal geeignet ist, die jedoch auch auf andere Kanäle anwendbar ist, die Teilkanäle haben, die sich hinsichtlich ihrer Übertragungscharakteristika unterscheiden.

Die Folge der Informationssymbole wird in einer Einrichtung 102 zum Gruppieren der Folge von Informationssymbolen pro Teilsatz in eine Gruppe von Informationssymbolen gruppiert und dann pro Teilsatz codiert, um pro Teilsatz einen Vektor  $t$  von codierten Informationssymbolen zu erhalten. Die Anzahl der Elemente bzw. codierten Informationssymbole dieses Vektors  $t$  entspricht der Anzahl der Teilkanäle des jeweiligen Satzes von Teilkanälen, bei einem COFDM-Verfahren der Anzahl der in diesem Teilsatz verwendeten Träger bzw. Trägerfrequenzen des Übertragungskanal.



Der Vektor  $t$  wird folgend pro Teilsatz in eine Einrichtung 104a oder 104b zum Kombinieren der codierten Informationssymbole des Vektors  $t$  gemäß einer Kombinationsvorschrift verarbeitet. Diese Einrichtungen 104a, 104b zum Kombinieren können beispielsweise die Abbildung des Vektors  $t$  auf je einen Vektor  $u$  über eine jeweilige Matrix  $P$  durchführen. Bei dieser Abbildung werden die einzelnen Elemente bzw. codierten Informationssymbole des Vektors  $t$  miteinander kombiniert, um eine Anzahl von kombinierten Informationssymbolen bzw. Elementen des Vektors  $u$  zu erzeugen, die gleich der Anzahl der Träger bzw. Teilkanäle in diesem Satz von Trägern bzw. Teilkanälen ist. Die Kombinationsvorschrift verteilt dabei die jeweiligen Informationen der einzelnen codierten Informationssymbole auf die kombinierten codierten Informationssymbole. Diese Verteilung kann beispielsweise durch die Abbildung des Vektors  $t$  mit einer orthogonalen und normierten bzw. orthonormalen Matrix  $P$  auf den Vektor  $u$  erfolgen.

Es sei darauf hingewiesen, daß die vorliegende Erfindung nicht darauf begrenzt ist, daß die Kombinationsmatrizen für die Sätze von Teilkanälen bzw. Trägern nicht exakt orthonormal sein müssen, sondern daß auch eine hinreichend große Orthonormalität ausreichend sein wird, obwohl das Rückgängigmachen der Kombination in einem Satz von Teilkanälen für möglichst orthonormale Matrizen die besten Ergebnisse liefern dürfte.

Die Matrix  $P$  kann dabei beispielsweise eine Hadarmard-Matrix oder eine PN-Matrix (PN = Pseudo-Noise = aus einer Zufallsfolge abgeleitete Matrix) oder eine andere hinreichend orthonormale, zur Matrix  $Q$  der zugeordneten Einrichtung (114a, 114b) inverse, Matrix sein.

Die kombinierten codierten Informationssymbole bzw. der Vektor der kombinierten codierten Informationssymbole  $u$  wird folgend in eine Einrichtung 106 zum Aufprägen der kombinier-

ten codierten Informationssymbole, d. h. der Elemente des Vektors  $u$ , auf die entsprechenden Teilkanäle bzw. Träger der Sätze von Teilkanälen bzw. Trägern eingegeben, um ein modulierte Signal zu erzeugen, das die Folge von Informationssymbolen darstellt. Dieses Signal wird durch einen Vektor  $v$  bezeichnet. Die Einrichtung 106 zum Aufprägen der Informationssymbole führt bei COFDM-Verfahren beispielsweise eine inverse diskrete Fourier-Transformation (IDFT) durch.

Das modulierte Signal  $v$  wird dann über einen Übertragungskanal 108 mit einem Frequenzgang  $a(f)$ , z. B. einen DSL-Kanal oder einen anderen drahtgebundenen Kanal, wie z. B. eine Telephonanschlußleitung oder eine Energieversorgungsleitung, oder einen sonstigen Kanal mit Frequenzabhängigkeit der Übertragungsfunktion und/oder Frequenzabhängigkeit der Kanalstörgeräusche, wie z.B. einem Funkkanal, übertragen. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf Kanäle begrenzt, bei denen sich die einzelnen Teilkanäle durch ihre Trägerfrequenzen unterscheiden. Die Erfindung ist generell für alle Übertragungskanäle geeignet, die Teilkanäle besitzen, die Teilkanäle mit unterschiedlicher Übertragungscharakteristika aufweisen.

Am Ende des Kanals wird ein durch den Kanal möglicherweise verzerrtes Signal empfangen, dem additiv verschiedene Störungen überlagert sind. Ein das Signal darstellender Vektor  $w$  wird folgend in eine Einrichtung 110 zum Extrahieren der kombinierten codierten Informationssymbole aus dem modulierten Signal bzw. dem Vektor  $w$  unter Verwendung der Mehrzahl von orthogonalen oder zumindest hinreichend orthogonalen Trägern eingegeben. Die Einrichtung 110 zum Extrahieren führt nun die inverse Handlung der Einrichtung 106 zum Aufprägen durch, d. h. beispielsweise beim COFDM-Verfahren eine diskrete Fourier-Transformation (DFT) oder eine andere zu der Handlung der Einrichtung 106 hinreichend inverse Transformation. Das Ergebnis des Extrahierens ist ein Vektor  $x$ , dessen Elemente die den einzelnen Teilkanälen, bei

COFDM an einzelnen Trägern zugeordneten kombinierten codierten Informationssymbole sind.

Der Einrichtung zum Extrahieren ist bekannt, z.B. durch Festlegung beim Entwurf des Übertragungssystems oder durch Hilfsinformationen in dem empfangenen Kanal bzw. in einem separaten Hilfskanal, wie die Aufteilung des Übertragungskanal in die Sätze von Teilkanälen im Sender durchgeführt wurde. Sie liefert ausgangsseitig die Eingangssignale für die zumindest zwei inversen Kombinerer (114a, 114b), die dann wiederum die zumindest zwei Decodierer (115a, 115b) speisen, wie es in Fig. 1 gezeigt ist.

Bei einem nicht gestörten oder verzerrten Kanal ist der Vektor  $x$  gleich dem Vektor  $n$ . Die Elemente des Vektors  $x$ , d.h. die einzelnen Teilkanäle, bei COFDM z.B. gemäß der jeweiligen Zuordnung zu einem Träger des Übertragungskanals, werden jedoch durch eine frequenzabhängige Dämpfung des Kanals und durch additiv überlagerte Störungen unterschiedlich gestört und zusätzlich ist den einzelnen Komponenten des Vektors eine durch ein weisses Rauschstörgeräusch verursachte Störung überlagert. Durch die vorhergehende Kombination der Informationssymbole in der Einrichtung 104 zum Kombinieren sind die Informationssymbole der Gruppe von Informationssymbolen bzw. des Vektors  $t$  auf alle kombinierten Informationssymbole, z. B. die Elemente des Vektors  $u$ , beispielsweise gleichmäßig oder näherungsweise gleichmäßig verteilt. Obwohl die kombinierten codierten Informationssymbole abhängig vom Träger vom Kanal unterschiedlich gestört und verzerrt werden, können die ursprünglichen codierten Informationssymbole der Gruppe von Informationssymbolen durch die Kanalverzerrung im Block 112 derart entzerrt werden, daß das Ausgangssignal des Kanalentzerrers eine über der Frequenz konstante Leistungsdichte hat, was weiter hinten noch detaillierter ausgeführt wird.

Das demodulierte Signal bzw. der Vektor  $x$  der empfangenen

kombinierten codierten Informationssymbole wird also in einen Kanalentzerrer 112 eingegeben, der beispielsweise den Frequenzgang  $a(f)$  des Kanals entzerzt. Nach dem Kanalentzerrer 112 wird das demodulierte entzerzte Signal bzw. der Vektor  $y$  je nach Teilsatz in eine Einrichtung 114a oder 114b zum Verarbeiten der kombinierten Informationssymbole eingegeben. Die Verarbeitungsvorschriften dieser Einrichtungen 114a, 114b zum Verarbeiten sind invers zu den Kombinationsvorschriften der Einrichtungen 104a, 104b zum Kombinieren, um die Kombinationen in den Teilsätzen rückgängig zu machen und um die codierten Informationssymbole der Folge von codierten Informationssymbolen aus den kombinierten codierten Informationssymbolen extrahieren zu können.

Die Verarbeitungsvorschrift der Einrichtung 114a, 114b ist eine Umkehrung oder näherungsweise Umkehrung der Kombinationsvorschrift der Einrichtung 114a, 114b, d.h. beispielsweise eine Matrixoperation mit einer orthonormalen oder hinreichend orthonormalen, zur Matrix  $P$  inversen oder näherungsweise inversen Matrix  $Q$  mit  $Q$  ungefähr  $P^{-1}$ , wie z. B. eine inverse Hadarmard-Matrix, eine inverse PN-Matrix oder eine andere hinreichend orthonormale Matrix. Man erhält schließlich wieder die Folge von codierten Informationssymbolen, die hier als Vektor  $z$  bezeichnet wird.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, werden die codierten Informationssymbole jedes Satzes nun in ihre entsprechenden Decodierer 115a, 115b eingespeist, die allgemein gesagt die Codierung der entsprechenden Codierer 103a, 103b wieder rückgängig machen, soweit dies aufgrund der überlagerten Störungen möglich ist.

Eine Einrichtung 116 zum Aufheben der Gruppierung wandelt die Gruppe von Informationssymbolen dann wieder in eine Folge von Informationssymbolen um, die ein Empfänger bzw. eine Senke 118 empfängt.

Im nachfolgenden wird auf Fig. 2 eingegangen, die einen Ausschnitt aus einem Übertragungskanal bzw. einen Übertragungskanal zeigt, der sich lediglich beispielhaft von 4,5 MHz bis 5,5 MHz erstreckt. Eine Kurve 200 zeigt die frequenzabhängige Trägerschleistung über der Frequenz, wie es sich nach der Entzerrung des frequenzabhängigen Dämpfungsverlaufs des Übertragungskanals durch die Einrichtung 112 ergibt. Im Falle des hier betrachteten Beispiels, bei dem die Sendeleistung über alle Träger konstant ist, bei dem der Übertragungskanal eine mit der Frequenz zunehmende Dämpfung hat, und bei einem über der Frequenz konstanten thermischen Rauschen ergibt sich die Kurve 200 nach einer Normierung des Übertragungskanals im Empfänger, derart, daß die Gesamtleistung über der Frequenz konstant ist. Anschaulich gesprochen wird das Sendesignal im Übertragungskanal mit steigender Frequenz immer mehr gedämpft. Die Kanalverzerrung führt dann dazu, daß die Signalleistung verstärkt wird und damit aber auch die Rauschleistung, wodurch sich trotz des über der Frequenz konstanten Rauschens des Empfängers eine mit der Frequenz zunehmende Trägerschleistung ergibt, was einem mit zunehmender Frequenz abfallenden Signal/Rausch-Verhältnis entspricht. Das erfindungsgemäße Konzept ist jedoch nicht nur auf einen Kanal beschränkt, der ein monoton fallendes Signal/Rausch-Verhältnis hat, sondern auf jeden beliebigen Kanal mit einer Verteilung der Übertragungsqualität über die Teilkanäle.

Die Grundidee der Erfindung wird nun genauer mittels Fig. 2 beschrieben. In dieser Figur ist die sich ergebende Rauschleistungsverteilung innerhalb eines bestimmten Frequenzbereichs für den Fall dargestellt, daß mittels des Kanalverzerrers 112 der Kanal 108 in Fig. 1 so entzerrt wird, daß sich für die Gesamtübertragungsfunktion ein konstanter Wert ergibt. Eine solche Entzerrung des Frequenzganges ist zwangsläufig mit einer Anhebung der spektralen Rauschleistung im oberen Frequenzbereich verbunden. Diese Anhebung der spektralen Rauschleistungsdichte ist in Fig. 2 darge-

stellt. Ebenfalls dargestellt ist die für ein bestimmtes Übertragungsverfahren zulässige spektrale Rauschleistungsdichte. Da diese lediglich vom gewählten Codierverfahren bzw. Modulationsverfahren und der zulässigen Übertragungsfehlerwahrscheinlichkeit abhängt, ergibt sich hierfür im Diagramm ein von der Frequenz unabhängiger konstanter Wert. Es sei darauf hingewiesen, daß die zulässige Übertragungsfehlerwahrscheinlichkeit einer vorbestimmten Zuverlässigkeit beim Decodieren der Informationssymbole entspricht.

Unterhalb einer bestimmten Frequenz  $F_G$  ist die tatsächliche Rauschleistungsdichte geringer als zulässig. Hieraus resultiert eine höhere als die erforderliche Zuverlässigkeit der in diesem Frequenzbereich mittels  $2^X$ -QAM oder eines anderen Codierverfahrens übertragenen codierten Informationssymbole.

Es kann jedoch bei Verfahren nach dem Stand der Technik nicht zu einem höherstufigen  $2^{X+1}$ -QAM-Codierverfahren, das heißt zu einem Codierverfahren, das einem codierten Informationssymbole mehr Informationen zuweist und somit eine feinere Quantelung des Signalraums aufweist, übergegangen werden, da hierfür ein Rückgang der Rauschleistungsdichte im Falle der QAM-Codierung um den Faktor 2 erforderlich ist. Dies ist erst unterhalb der Frequenz  $F_0$  gegeben. Oberhalb der Frequenz  $F_G$  kann bei Verfahren nach dem Stand der Technik ein  $2^X$ -stufiges Codierverfahren nicht mehr angewendet werden, da wegen der höher als zulässigen spektralen Rauschleistungsdichte die codierten Informationssymbole nicht mit der geforderten Sicherheit übertragen werden können. In diesem Frequenzbereich muß bei Verfahren nach dem Stand der Technik ein  $2^{X-1}$ -QAM-Codierverfahren verwendet werden.

Erfindungsgemäß wird nun durch zusätzliche Orthogonaltransformationen mittels einer der orthonormierten (orthogonal und normiert) Matrix  $P$  und  $Q$ , siehe Fig. 1 Einrichtungen 104a und 104b sowie 114a und 114b, eine Vergleichmäßigung des Verlaufs der spektralen Rauschleistungsdichte über die

Frequenz herbeigeführt. Dies wird erreicht, indem für Teilkanäle oberhalb von  $F_0$  und unterhalb von  $F_G$  ein Anstieg der Rauschleistungsdichte bis zum für ein  $2^X$ -QAM-Codierverfahren maximal zulässigen Wert zugelassen wird, andererseits aber oberhalb  $F_G$  die Rauschleistungsdichte bis zu einer Frequenz  $F_{G1}$  auf den maximal zulässigen Wert gesenkt werden kann. Hierbei wird jede zu übertragende Information durch Transformation eines Informationsvektors mittels der Matrix  $Q$  allen codierten kombinierten Informationssymbolen, d.h. allen Teilkanälen innerhalb des betrachteten Satzes von Teilkanälen durch die Einrichtungen 104a und 104b aufgeprägt. Der Satz von Teilkanälen, der in Fig. 2 betrachtet wird, erstreckt sich somit bei dem Verfahren gemäß der Erfindung von einem Träger mit der Frequenz  $F_0$  bis zu einem Träger mit der Frequenz  $F_{G1}$  im Gegensatz zu Verfahren nach dem Stand der Technik, welche nur den Bereich bis zur Frequenz  $F_G$  nutzen. Es sei darauf hingewiesen, daß beim Stand der Technik die Teilkanäle zwischen  $F_G$  und  $F_{G1}$  mit einem niederstufigen Codierverfahren codiert werden mußten, während diese Träger aufgrund des erfindungsgemäßen Konzepts nun mit dem gleichen Codierverfahren wie die Träger im Bereich von  $F_0$  bis  $F_G$  codiert werden können, wodurch sich ein Gewinn an verfügbarer Übertragungsrate ergibt. Der durch die Erfindung bewirkte Nettogewinn an verfügbarer Übertragungsrate entspricht der Differenz zwischen der Menge an Informationen, die durch die beiden Codierverfahren zugeordnet werden, multipliziert mit der Anzahl von Trägern, d. h. Teilkanälen, im Bereich von  $F_G$  zu  $F_{G1}$ .

Im Empfänger ist dann eine entsprechende Rücktransformation erforderlich. Bei dieser Rücktransformation erfolgt gleichzeitig eine gewichtete Addition der Störamplituden der einzelnen Modulationssymbole. Besitzt die Rücktransformationsmatrix, z. B. die Matrix  $Q$  in Fig. 1, die Eigenschaft, daß sämtliche Elemente einer jeden Zeile den Betrag 1 besitzen, d.h. ist die Matrix  $Q$  orthonormal oder unitär, so bewirkt die gewichtete Addition der Rauschstörbeiträge eine Mitte-

lung. Hierdurch wird es möglich, ein bestimmtes  $2^X$ -Codierverfahren über die Frequenz  $F_G$  hinaus auch für Träger bis zu der Frequenz  $F_{G1}$  für die Übertragung zu verwenden. Die Differenz aus der Rateneffizienz des  $2^X$ -Modulationsverfahrens zur Rateneffizienz des sonst im Frequenzbereich  $F_G \dots F_{G1}$  zur Anwendung kommenden  $2^{X-1}$ -QAM-Modulationsverfahrens multipliziert mit der Bandbreite  $F_{G1} - F_G$  ergibt also, wie es angemerkt wurde, den durch die Erfindung erzielbaren Raten Gewinn.

Die Vergleichmäßigung der überlagerten Rauschleistung durch eine Orthonormaltransformation wird nun näher erläutert. Es sei darauf hingewiesen, daß sich die nachfolgend gegebene Herleitung auf jeden Satz von Teilkanälen bzw. Trägern einzeln bezieht, und daß keine Vergleichmäßigung über Satzgrenzen hinweg durchgeführt wird.

Das als Vektor  $t$  mit komplexen Komponenten vorliegenden Sendesignal wird mittels einer orthonormalen Matrix  $P$  in den Vektor  $u$  transformiert.

$$u = Pt \quad (1)$$

Durch diese Transformation gemäß Gleichung 1 und die Orthonormalitätseigenschaften von Matrizen (vgl. Gleichung 3) wird jede Komponente des Vektors  $t$  gleichmäßig auf alle Komponenten des Vektors  $u$  abgebildet, d. h. jedes einzelne Bit Information einer Komponente  $t(i)$  wird allen Komponenten des Vektors  $u$  aufgeprägt und damit letztlich in allen Teilkanälen bzw. auf allen Trägerfrequenzen eines Satzes übertragen.

Kennzeichnend für orthonormale oder unitäre Matrizen, wie die Matrix  $P$ , ist die mathematische Eigenschaft, daß bei einer Transformation des Vektors  $t$  die in demselben enthaltene Leistung unabhängig von der Art ihrer Verteilung auf die einzelnen Komponenten erhalten bleibt.



Es gilt folglich für jede Komponente von  $u$ , wobei  $p(u[j])$  die Leistung der  $j$ -ten Komponente des Vektors  $u$  angibt:

$$p(u[j]) = u[j]u[j]^* = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} t[i]t[i]^* \quad (2)$$

Dies kann z. B. für Matrizen mit reellen Koeffizienten erreicht werden durch die Forderung

$$|p_{ij}| = 1 \quad \forall i, j \quad (3)$$

Matrizen, welche diese Forderung erfüllen, sind z. B. Hadarmard-Matrizen und PN-Matrizen.

Die Hadarmard-Matrix  $H_2$  vom Rang 2 ist wie folgt definiert:

$$H_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Hadarmard-Matrizen vom Rang  $2^{n+1}$  können hierauf aufbauend mit folgender Rekursionsformel gebildet werden:

$$H_{2^n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} H_{2^{n-1}} & H_{2^{n-1}} \\ H_{2^{n-1}} & -H_{2^{n-1}} \end{bmatrix} \quad (5)$$

PN-Matrizen (PN = Pseudo Noise = Pseudo-Zufallsrauschen) werden aus einem  $2^{n-1}$  Symbole langen Ausschnitt einer (binären) PN-Sequenz gebildet. Die erste Zeile (oder auch die erste Spalte) der Matrix entspricht dabei dem  $2^{n-1}$  langen Ausschnitt aus der Sequenz, die weiteren Zeilen ergeben sich durch zyklische Verschiebung der jeweils vorangegangenen Zeile (bzw. Spalte). Durch die zyklische Verschiebung ergibt

sich überdies eine zyklische Matrix, was für die praktische Implementierung Vorteile bringt. Für eine Sequenz der Länge  $N = 7$  ist z. B. die Folge eine pseudozufällige Folge.

$$a(\nu) = (1, 1, -1, -1, 1, -1, 1) \quad (6)$$

Hieraus ergibt sich die folgende PN-Matrix vom Rang 7:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Abhängig davon, welche orthonormale Matrix  $P$ , siehe Fig. 1, im Sender zur Transformation verwendet wurde, muß im Empfänger die entsprechende inverse Matrix  $Q = P^{-1}$  verwendet werden. Diese inversen Matrizen sind im allgemeinen ebenfalls orthonormierte Matrizen.

Für Hadarmard-Matrizen ergibt sich z. B., daß deren zugehörige Inverse die Hadarmard-Matrix selbst ist.

$$P = H_{2^n} \Rightarrow Q = P^{-1} = H_{2^n}^{-1} = H_{2^n} \quad (8)$$

Für zyklische PN-Matrizen ergeben sich als Inverse wieder zyklische PN-Matrizen.

$$Q = P^{-1} = \begin{bmatrix} b_0 & b_6 & b_5 & b_4 & b_3 & b_2 & b_1 \\ b_1 & b_0 & b_6 & b_5 & b_4 & b_3 & b_2 \\ b_2 & b_1 & b_0 & b_6 & b_5 & b_4 & b_3 \\ b_3 & b_2 & b_1 & b_0 & b_6 & b_5 & b_4 \\ b_4 & b_3 & b_2 & b_1 & b_0 & b_6 & b_5 \\ b_5 & b_4 & b_3 & b_2 & b_1 & b_0 & b_6 \\ b_6 & b_5 & b_4 & b_3 & b_2 & b_1 & b_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 \\ a_1 & a_0 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 \\ a_2 & a_1 & a_0 & a_6 & a_5 & a_4 & a_3 \\ a_3 & a_2 & a_1 & a_0 & a_6 & a_5 & a_4 \\ a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & a_0 & a_6 & a_5 \\ a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & a_0 & a_6 \\ a_6 & a_5 & a_4 & a_3 & a_2 & a_1 & a_0 \end{bmatrix}^{-1} \quad (9)$$

Vorteilhaft für die Erfindung ist es, wenn die Matrix  $Q = P^{-1}$  im Empfänger möglichst gute Orthonormalitätseigenschaften aufweist, d.h., daß unabhängig von der Leistungsverteilung der Komponenten in  $y$  gilt, wobei  $p(z[j])$  für die Leistung der Komponente  $j$  steht:

$$p(z[j]) = z[j]z[j]^* = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y[i]y[i]^* \quad (10)$$

Dies kann, entsprechend wie bei der Matrix  $P$  im Sender, erreicht werden durch die Forderung:

$$|q_{ij}| = 1 \quad \forall i, j \quad (11)$$

Im allgemeinen ist die Inverse einer orthonormierten Matrix wieder eine orthonormierte Matrix. In diesem Fall kann eine der beiden Matrizen frei gewählt werden, die andere Matrix ergibt sich dann entsprechend. Bei Verwendung von nur näherungsweise orthonormierten Matrizen kann aber eine bestimmte Zuordnung der Matrizen zu  $P$  und  $Q$  Vorteile bringen.

Die Erfüllung oder näherungsweise Erfüllung der Forderung nach Orthonormalität der Matrix  $Q$  ermöglicht die im folgenden beschriebene Vergleichmäßigung der spektralen Rauschleistungsdichte bzw. Störleistungsdichte innerhalb eines Satzes von Teilkanälen. Die nachfolgenden Anmerkungen gelten also für jeden Satz von Teilkanälen, der einer Kombination mittels einer Kombinationsvorschrift unterzogen worden ist.

Unterstellt man, daß unter praktischen Randbedingungen gegeben ist, daß die Rauschstörgeräusche der einzelnen Kanäle untereinander unkorreliert sind, so ergibt sich für das resultierende Rauschstörgeräusch in der  $k$ -ten Komponente des Ausgangsvektors  $z$ :

$$z_{\text{Stör}} = Q y_{\text{Stör}} \quad (12)$$

und

$$|q_{ij}| = 1 \quad \forall i, j \quad (13)$$

$$z_j = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=0}^{N-1} q_{ij} y_i \quad (14)$$

Es ergibt sich für die Störleistung der j-ten Komponente des Vektors z:

$$p(z[j]) = z[j] z[j]^* = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y[i] y[i]^* \quad ($$

Da der Index i in Gl. 15 frei wählbar ist, ergibt sich aus Gl. 15 unmittelbar, daß die Störleistungen aller Komponenten von z gleich sind. Es gilt also:

$$p(z[i]) = \frac{1}{N} p(y) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} y[i]^2 \quad (16)$$

Diese Vergleichmäßigung der Rauschleistung in den betrachteten Teilkanälen ist eine mathematische Eigenschaft ortho-normierter Matrizen.

Die am Beispiel eines isolierten Teilkanals in Fig. 2 geschilderte Vergleichmäßigung ermöglicht insgesamt eine frequenzmäßig nach oben verschobene Aufteilung der einzelnen Teilkanäle.

Fig. 3 zeigt das frequenzabhängige S/R-Verhältnis, das die obere Frequenzgrenze der Teilkanäle bei herkömmlichen OFDM-Verfahren bestimmt, und das die nutzbare Trägerbelegung beim erfindungsgemäßen Konzept bzw. den Verlauf des maximal möglichen Bitloadingfaktors über der Frequenz bei dem erfindungsgemäßen bevorzugten Ausführungsbeispiel festlegt. Aus Fig. 3 ist erkennbar, wie sich die oberen Frequenzgrenzen der einzelnen Sätze von Teilkanälen über die monoton fal-

lende Kurve für das S/R-Verhältnis hinaus verschoben haben. Diese Kurve bestimmt bei herkömmlichen Verfahren (Fig. 8) die obere Frequenzgrenze der Teilkanäle.

In Fig. 3 ist eine Aufteilung eines Übertragungskanals in 12 Sätze von Teilkanälen dargestellt, von denen lediglich die ersten drei mit 304a bis 304c bezeichnet sind. Insbesondere umfaßt der Satz von Teilkanälen, der in Fig. 3 mit 304b bezeichnet ist, Teilkanäle mit Trägerfrequenzen von etwa 4,3 bis 4,75 MHz. Es sei angenommen, daß für den Satz von Teilkanälen, der die Teilkanäle mit den höchsten Trägerfrequenzen umfaßt, in Fig. 3 der mit 304a bezeichnet, ein  $2^2$ -QAM-Verfahren zum Einsatz kommt. Außerdem sei angenommen, daß bei dem Satz 304b von Teilkanälen ein  $2^3$ -QAM-Modulationsverfahren zum Einsatz kommen. Aufgrund des Signal/Rausch-Verhältnisses über der Frequenz für den Kanal 300 ergibt sich für das für den Satz 304b von Teilkanälen verwendete Codierverfahren ein Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis 306 von etwa 17 dB. Die Träger in dem Satz 304b von Teilkanälen müssen somit mindestens ein Signal/Rausch-Verhältnis gleich dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis haben, damit eine vorbestimmte Zuverlässigkeit beim Decodieren der Informationssymbole möglich wird. Analog dazu lautet das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis für den Satz 304a von Teilkanälen etwa 14 dB. Somit ergibt sich für jeden Satz von Teilkanälen, d. h. für jedes verwendete Codierverfahren, ein eigenes Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis. Wie es aus Fig. 8 ersichtlich ist, war die Trägerbelegung gemäß dem Stand der Technik dahingehend begrenzt, daß der Träger mit der höchsten Frequenz in einem Satz von Trägern ein Signal/Rausch-Verhältnis hatte, das größer oder gleich dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis war.

Dagegen enthalten die Sätze von Teilkanälen gemäß der vorliegenden Erfindung nun zumindest einen Teilkanal, dessen Signal/Rausch-Verhältnis ohne Kombinieren kleiner als das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist, und das aufgrund des

Kombinierens größer als dieses oder mindestens gleich diesem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist. Dies hat günstigerweise zur Folge, daß dieser Teilkanal im Vergleich zum Stand der TEchnik mit dem nächsthöheren Codierverfahren codiert werden kann.

Dieser zumindest eine Teilkanal bildet somit einen Bereich I, der sich über die Kurve 300 hinaus erstreckt. Wenn dieser Teilkanal mit dem in Fig. 8 gezeigten Fall ohne Kombinieren verglichen wird, so ist also zu sehen, daß ein Teilkanal im Bereich I des Satzes 304b ein erhöhtes Signal/Rausch-Verhältnis hat, das durch das Kombinieren im Teilkanal bewirkt wurde, was dazu führt, daß dieser Teilkanal bei dem in Fig. 3 gezeigten Beispiel nicht mit dem niederststufigen Codierverfahren sondern bereits mit einem um 1 höherstufigen Codierverfahren codiert werden kann, wodurch die Datenrate des Systems im Vergleich zum Stand der Technik angestiegen ist, wie es bereits ausgeführt worden ist.

Fig. 4 zeigt einen Vergleich der Trägerbelegung beim herkömmlichen DMT-Verfahren und beim COFDM-Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung. In Fig. 4 ist die sich ergebende Verteilung der Bitloadingfaktoren über der Frequenz für das herkömmliche und das neuartige Verfahren dargestellt. Der Ratengewinn ist aus dieser Figur direkt ablesbar, derselbe entspricht der von beiden Kurven umschlossenen Fläche längs des Treppenverlaufs. Die umschlossene Fläche entspricht der mit herkömmlichen Verfahren nicht direkt nutzbaren Kanalkapazität.

Der so erzielbare Gewinn an Übertragungsrate kann sowohl zur Erhöhung der übertragbaren Nutzinformationsrate als auch bei der Verwendung von Fehlersicherungsverfahren wie FEC oder ARQ (ARQ = Automatic Repeat Request = Automatische Anforderung einer Wiederholung bei einem Übertragungsfehler) zur Erhöhung der Zuverlässigkeit der Übertragung verwendet wer-

den. Auch eine Kombination beider Ziele, d. h. eine erhöhte Informationsrate verbunden mit einer Redundanz-Codierung, kann bei bestimmten Anwendungsfällen sinnvoll sein. Bei FEC-Verfahren erfolgt eine Fehlerkorrektur mittels einer zusätzlichen, zusammen mit der Information übertragenen Redundanz. Unter praktisch sinnvollen Randbedingungen (S/R) genügt ein Teil der gewonnenen zusätzlichen Übertragungsrates, um den durch die Vergleichmäßigung des Frequenzbereichs entstandenen Zuverlässigkeitsverlust der Modulationssymbole im Frequenzbereich  $F_0$  bis  $F_G$  durch einen FEC auszugleichen. Es sei angemerkt, daß das S/R-Verhältnis dieser Träger ohnehin nur bis zur Zulässigkeitsgrenze, jedoch nicht darunter, abgesenkt wurde. Der für die FEC nicht benötigte Teil des Ratengewinns steht als Nettoratengewinn zur Verfügung.

Dies sei anhand von Fig. 2 erläutert. In Fig. 2 ist das sich am Empfängereingang ergebende S/R-Verhältnis in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt. Teilt man den zur Verfügung stehenden Frequenzbereich im Bereich  $F_0 \dots F_1$  in  $N$  Sätze von Teilkanälen auf, so ergibt sich für jeden dieser  $N$  Sätze von Teilkanälen ein individuelles S/R-Verhältnis. Die Rauschleistungsdichte innerhalb dieser Sätze von Teilkanälen kann dabei als konstant angenommen werden. Innerhalb eines Satzes von Teilkanälen können einer oder mehrere Träger mit den ihnen aufgeprägten codierten kombinierten Informationssymbolen übertragen werden, wobei von einer binären Übertragung (Bitloadingfaktor 1) ausgegangen wird, und die Modulationssymbole mit einer gewissen Zuverlässigkeit  $p \leq p_{\max}$  übertragen werden sollen. Es wird nur der Frequenzbereich  $f$  größer oder gleich  $F_0$  betrachtet.

Bei Verwendung herkömmlicher Verfahren wird im Entscheider des Empfängers jedes einzelne Symbol, im Fall von DMT also jeder einzelne Träger, isoliert für sich betrachtet. Dies bedingt, daß jeder Teilkanal bzw. einzelne Träger ein bestimmtes S/R aufweisen muß, wenn die Bitfehlerwahrschein-

lichkeit der Übertragung  $p \leq p_{\max}$  bleiben soll. Die höhere Zuverlässigkeit der unterhalb von  $F_G$  übertragenen Symbole wird beim herkömmlichen Verfahren, das in Fig. 8 skizziert ist, nicht genutzt.

Durch die Vergleichmäßigung gemäß der Erfindung kann aber der Frequenzbereich bis zu der Frequenz  $F_{G1}$  genutzt werden. Bei Nutzung des Frequenzbereichs bis  $F_{G1}$  können dann mehr als  $K$  Symbole mit der geforderten Mindestzuverlässigkeit  $p \leq p_{\min}$  übertragen werden.

Sollte nun eine bestimmte Anwendung bei herkömmlichen DMT-Verfahren von der höheren Zuverlässigkeit der unterhalb von  $F_G$  übertragenen Symbole Gebrauch machen, so kann bei dem Verfahren gemäß der Erfindung diese höhere Zuverlässigkeit durch Anwendung eines FEC-Verfahrens erreicht werden, indem die im Frequenzbereich zwischen  $F_G$  und  $F_{G1}$  übertragenen Informationen oder Teile davon als (zusätzliche) Redundanz verwendet werden.

Aus Fig. 8, Fig. 3 und insbesondere Fig. 4 ist deutlich erkennbar, daß das Verfahren in der bisher geschilderten Form der Vergleichmäßigung zur Erhöhung des nutzbaren Frequenzbereichs bzw. zur Erhöhung der nutzbaren Informationsrate noch nicht zu einer Verringerung der Bitloadingfaktoren führt.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird eine solche Verringerung bevorzugt, da die hohen Bitloading-Faktoren in den unteren Teilkanälen maßgeblich den Implementierungsaufwand für die erforderlichen D/A- und A/D- Wandlungen und die Arithmetik bestimmen. Eine Verringerung der Bitloadingfaktoren wird möglich, wenn sich die Vergleichmäßigung über einen größeren Frequenzbereich oder im Grenzfall über den Gesamtkanal erstreckt, wobei sich der Grenzfall dadurch auszeichnet, daß nur noch zwei Sätze von Teilkanälen, zwei Kombinierer und zwei Codierer vorhanden



sind.

In Fig. 6 ist der Zusammenhang zwischen den erzielbaren Datenraten (Ordinate) und den vorgebbaren maximalen Bitloadingfaktoren (Abszisse) für die beiden Strategien "Vergleichmäßigung über mehrere Teilbänder" und "Vergleichmäßigung über den Gesamtkanal" dargestellt. Fig. 6 zeigt zwei von links unten nach rechts oben monoton ansteigende und eine parabelförmig verlaufende Kurve. Die untere monoton ansteigende Kurve zeigt die mit dem herkömmlichen Verfahren von Fig. 8, die obere monoton ansteigende Kurve die mit dem neuartigen Verfahren von Fig. 3 erzielbaren Übertragungsraten bei Beschränkung der Bitloadingfaktoren auf einen vorgegebenen maximalen Wert. Die parabelförmige Kurve zeigt die sich ergebenden Übertragungsraten bei Vergleichmäßigung des gesamten Übertragungskanals, siehe auch Fig. 5, die eine alternative Trägerbelegung beim COFDM-Verfahren zeigt.

Die in Fig. 6 mit 606 bezeichnete Stelle bezieht sich auf den Fall, in dem der erste Satz von Teilkanälen einen Bitloadingfaktor von 6 hat, so daß sich eine Datenrate von knapp 20 MBit/sec ergibt. Die Bandbreite der verwendeten Träger im ersten Satz von Teilkanälen reicht von 1 MHz bis zu etwa 4,3 MHz, wie es in Fig. 5 unten angemerkt ist. Dies entspricht der Kurve 500 in Fig. 5. Es sei darauf hingewiesen, daß im Übertragungskanal immer noch ein Frequenzband verbleibt, das von 4,3 bis 5,3 MHz reicht, das mit einem Bitloadingfaktor von 6 - trotz des Kombinierens - nicht mehr belegt werden kann. Erfindungsgemäß wird daher ein zweiter Satz von Teilkanälen eingesetzt, der nun oberhalb der Trägerfrequenz 4,3 MHz positioniert ist, wobei der zweite Satz von Teilkanälen bis etwa 5,3 MHz reicht, wenn das zweite Codierverfahren einen Bitloadingfaktor von 3 hat. Der zweite Satz ist jedoch aus Übersichtlichkeitsgründen in der Figur nicht eingezeichnet. Der mit dem Bezugszeichen 608 in Fig. 6 bezeichnete Punkt berücksichtigt den Beitrag des zweiten Satzes von Teilkanälen zur Datenrate. Es ist also durch

einen Vergleich der Punkte 608 und 606 zu sehen, daß durch das erfindungsgemäße Verfahren der Verwendung von zumindest zwei Sätzen von Teilkanälen, die unterschiedlich codiert und kombiniert werden, ein deutlicher Datenratengewinn erreichbar ist gegenüber dem Fall, in dem der gesamte Übertragungskanal vergleichmäßig wird. Es sei darauf hingewiesen, daß das Kombinieren des gesamten Übertragungskanals und das Verwenden nur eines einzigen Codierverfahrens zu einer unerwünschten Einschränkung der nutzbaren Bandbreite führt, was aus Fig. 5 ersichtlich ist.

Gibt man als Entwurfskriterium für ein Übertragungssystem eine bestimmte Übertragungsrate vor, so erkennt man aus Fig. 6, daß das neue System im Bereich hoher Übertragungsraten eine signifikante Reduzierung des erforderlichen maximalen Bitloadingfaktors ermöglicht. Für den Fall gleicher Bruttoübertragungsraten in den beiden Systemen (gleiche Nettodatenraten und gleiche Redundanz für den FEC) ergibt sich dies anschaulich durch eine waagrechte Gerade mit dem Ordinatenwert der vorgegebenen Datenrate. Die Abszissenwerte der Schnittpunkte beider Systemkurven mit der Geraden ergeben die erforderlichen Bitloadingfaktoren, wobei unmittelbar ersichtlich ist, daß das neue System grundsätzlich geringere Bitloadingfaktoren benötigt. Die Differenz der Bitloadingfaktoren wird mit zunehmender Datenrate immer signifikanter.

Für den Fall gleicher vorgegebener Bitloadingfaktoren in beiden Systemen ergeben sich für das Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, das möglichst niedrige Bitloadingfaktoren anstrebt, immer höhere Bruttoübertragungsraten. Dies ist zu erkennen, wenn in Fig. 6 von der Abszissenachse aus von einem bestimmten Bitloadingfaktor (z. B. 5) nach oben gegangen wird. Man trifft dann auf die Ratenkurven für das herkömmliche (Kurve 600) und das erfindungsgemäße Konzept (Kurve 602). Die Raten für das neuartige System liegen dabei, mit Ausnahme des rechten oberen Bereichs im Diagramm, immer deutlich über den Rate herkömmlicher Verfahren. Selbst

nach Abzug einer zusätzlichen FEC-Redundanz in der Größenordnung von 1 % bis 3 % für das erfindungsgemäße System mit FEC-Redundanz verbleibt immer noch ein deutlicher Nettogewinn.

Es wäre hier ebenfalls denkbar, den gesamten Frequenzbereich oder nur  $F_{G1}$  nach unten zu verschieben, oder die Bandbreite der einzelnen Sätze von Teilkanälen zu verkleinern, bis sich dieselben Nettoübertragungsraten ergeben. Aus der im unteren Frequenzbereich geringeren Kabeldämpfung resultiert dann eine größere überbrückbare Entfernung.

Es sei schließlich bemerkt, daß sich lediglich im Bereich sehr großer Datenraten, in Fig. 6 rechts oben, bei gleichen Bitloadingfaktoren nur geringfügige Unterschiede in den erreichbaren Bruttoübertragungsraten ergeben. Diese geringe Differenz resultiert aus der Tatsache, daß auch das neue Verfahren die vorhandene Kanalkapazität nur zu einem bestimmten Teil, wenn auch besser als das herkömmliche Verfahren (Fig. 8) ausnutzt.

Die parabelförmige Kurve in Fig. 6 beschreibt den Fall der Vergleichmäßigung des gesamten Übertragungskanals. Das Maximum und das Abknicken der Kurve bei höheren Bitloadingfaktoren ergibt sich aus der ausgeprägten TP-Charakteristik des (Kabel-)Übertragungskanals. Dies sei nachfolgend erläutert. Die Idee des Ratengewinns durch Vergleichmäßigung beruht auf dem Umstand, daß das S/R-Verhältnis nicht im gesamten Frequenzbereich gleich ist ( $S/N = S(f)/N(f)$ ), und insbesondere im unteren Frequenzbereich meist sehr viel höher als für die Anwendung eines bestimmten Bitloadingfaktors erforderlich ist. Hierdurch wird es möglich, den nutzbaren Frequenzbereich, d. h. den Frequenzbereich in dem  $S(f)/R(f) \geq S/R_{\min} = f(p_{\max})$  ist, zu erweitern. Als Ergebnis ergibt sich ein über dem gesamten gemittelten Bereich konstantes  $S/R = S/R_{\min}$ . Es sei angemerkt, daß in sämtlichen Gleichungen  $S$  = Signal dem Ausdruck  $C$  = Carrier entspricht, und daß auch  $R$  = Rauschen

dem Ausdruck  $N = \text{Noise}$  entspricht:

$$\begin{aligned} \overline{\left[\frac{C}{N}\right]} &= \frac{\overline{C}}{\overline{N}} \\ &= \frac{\frac{1}{F_2 - F_1} \int_{F_1}^{F_2} C(f)}{\frac{1}{F_2 - F_1} \int_{F_1}^{F_2} N(f)} \end{aligned} \quad (17)$$

Bezieht man in diese Mittelung Frequenzbereiche ein in denen ein überproportionaler Anteil von (Rausch-)Störungen auftritt, so bedeutet dies, daß sich bei der Mitteilung durch eine Orthogonaltransformation das resultierende S/R-Verhältnis im Gesamten verschlechtert. Dies erzwingt eine Reduzierung des Bitloadingfaktors, so daß sich Netto trotz der belegten gestörten Teilkanäle eine niedrigere Übertragungsrate ergibt. Hieraus ergibt sich, daß es sinnvoll ist, derartige übermäßig gestörte Teilkanäle entweder keinem Satz von Teilkanälen zuzuordnen oder sie einem Satz von Teilkanälen zuzuordnen, der ein entsprechend niederstufiges Codierverfahren verwendet. Bildet man bei der Definition der Sätze von Teilkanälen den Bitloadingfaktor zu klein, so ergibt sich zwar eine größere nutzbare Bandbreite, bzw. eine entsprechend große Anzahl von nutzbaren Teilkanälen für diesen Satz von Teilkanälen, insgesamt resultiert aber eine geringere nutzbare Datenrate, diese ist proportional dem Produkt der Anzahl der Teilkanäle des Satzes und dem verwendeten Bitloadingfaktor, für diesen Satz von Teilkanälen. Dies entspricht dem linken abfallenden Teil der Kurve 604 in Fig. 6. Wählt man bei der Definition der Sätze von Teilkanälen den Bitloadingfaktor dagegen zu groß, so ergibt sich nur eine kleine nutzbare Bandbreite bzw. eine kleine Anzahl von Teilkanälen des Satzes von Teilkanälen, woraus wiederum nur eine geringe nutzbare Datenrate für diesen Satz von Teilkanälen resultiert. Dies entspricht dem rechten abfallenden Teil der Kurve 604 in Fig. 6. Abhängig von der Übertragungsqualität der einzelnen Teilkanäle ergibt sich für einen ersten Satz von

Teilkanälen ein optimaler Bitloadingfaktor und eine bestimmte Anzahl von bestimmten Teilkanälen, welche diesem ersten Satz von Teilkanälen zugeordnet wird, bei dem die Übertragungsrate von diesem Satz von Teilkanälen maximal wird. Im Beispiel ergibt sich aus Fig. 6 ein optimaler Bitloadingfaktor von 6 und einer resultierenden Übertragungsrate von ca. 20 Mbit/sec., zu entnehmen dem Scheitelpunkt der Kurve 604. Hierfür ergibt sich aus Fig. 5 eine belegte Bandbreite von ca. 1 MHz bis ca. 4,3 MHz. Die verbleibenden Teilkanäle, bzw. nicht belegten Frequenzbereiche bzw. Teilkanäle können nun anderen Sätzen von Teilkanälen zugeordnet werden. Im Frequenzbereich von ca. 4,3 MHz bis 5,3 MHz zuzuordnen und für diesen zweiten Satz von Teilkanälen ein Co-diervorgang mit einem Bitloadingfaktor von 3 anzuwenden woraus sich für diesen zweiten Satz von Teilkanälen eine Datenrate von ca. 3 Mbit/sec. ergibt. Dies ist in Fig. 6 als Verbindungslinie der Punkte 606 und 608 dargestellt.

Dadurch kann abhängig von der frequenzabhängigen Kabeldämpfung und indirekt der Kabellänge ein optimaler erster Bitloadingfaktor für den ersten Satz von Teilkanälen und ein optimaler zweiter Bitloadingfaktor für den zweiten Satz von Teilkanälen gefunden werden.

Aus dem Kurvenverlauf der parabelförmigen Kurve 604 in Fig. 6 ist erkennbar, daß bei Verzicht an (theoretischer) Übertragungsrate in einer Größenordnung von etwa 40 % die Implementierung von sehr einfachen Systemen mit niedrigen Bitloadingfaktoren und hoher Bandbreiteneffizienz (siehe Fig. 8 und 5) möglich wird. Die hohe Bandbreiteneffizienz dieser Systeme ermöglicht erfindungsgemäß durch Nutzung des nicht verwendeten oberen Frequenzbereichs eine Steigerung der Datenübertragungsrate auf Werte, bei denen herkömmliche Systeme um 2 höhere Bitloadingfaktoren erfordern würden. Beispielsweise ergibt sich bei einem maximalen Bitloadingfaktor von 6 für ein System mit vollständiger Vergleichmäßigung von

Fig. 6 und Nutzung des oberen Frequenzbereichs (4,4 MHz ... 5,4 MHz, siehe Fig. 4) für ein Verfahren mit Bitloadingfaktor 3 eine Gesamtdatenrate von  $20 \text{ Mbit/s} + 3 \text{ Mbit/s} = 23 \text{ Mbit/s}$  (Punkt 608 in Fig. 6). Dies ist eine Rate, die bei herkömmlichen Systemen einen Bitloadingfaktor von 9, wie in Fig. 5 gezeigt, erfordert.

Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen und Verfahren ermöglichen die effizientere Nutzung der Kanalkapazität von z. B. durch Rauschen gestörten Übertragungskanälen, bei denen das S/R- Verhältnis entweder monoton mit der Frequenz abnimmt, wie z. B. bei xDSL-Kanälen, oder innerhalb bestimmter Frequenzbereiche sich verschlechtert, wie z. B. in einem Funkkanal oder in verschiedenen speziellen Kabelkanälen mit besonderer Verkabelungsstruktur oder besonderer Beschaltung, insbesondere im Power-Line-Kanal, wodurch sich wesentliche Implementierungs- und Kostenvorteile ergeben.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Senden von Informationen über eine Mehrzahl von Teilkanälen, die unterschiedliche Übertragungscharakteristika aufweisen und zusammen einen Übertragungskanal bilden, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung zum Gruppieren (102) der Informationen in Zuordnung zu den Teilkanälen;

einer Einrichtung zum Codieren (103a) von einem ersten Satz von Teilkanälen zugeordneten Informationen mittels eines ersten Codiervorgangs, um einen ersten Satz von codierten Informationssymbolen zu erhalten, wobei ein erstes codiertes Informationssymbol des ersten Satzes von codierten Informationssymbolen eine erste Informationsmenge zugeordnet hat;

einer Einrichtung zum Codieren (103b) von einem zweiten Satz von Teilkanälen zugeordneten Informationen mittels eines zweiten Codiervorgangs, um einen zweiten Satz von codierten Informationssymbolen zu erhalten, wobei ein zweites codiertes Informationssymbol des zweiten Satzes von codierten Informationssymbolen eine zweite Informationsmenge zugeordnet hat, die sich von der ersten Informationsmenge unterscheidet;

einer Einrichtung zum Kombinieren (104a) der codierten Informationssymbole des ersten Satzes gemäß einer ersten Kombinationsvorschrift, um einen ersten Satz von kombinierten codierten Informationssymbolen zu erzeugen, deren Anzahl gleich der Anzahl der Teilkanäle des ersten Satzes von Teilkanälen ist;

einer Einrichtung zum Kombinieren (104b) der codierten Informationssymbole des zweiten Satzes gemäß einer zweiten Kombinationsvorschrift, um einen zweiten Satz von

kombinierten codierten Informationssymbolen zu erzeugen, deren Anzahl gleich der Anzahl der Teilkanäle des zweiten Satzes von Teilkanälen ist; und

einer Einrichtung zum Zuordnen (106) der kombinierten codierten Informationssymbole des ersten Satzes zu dem ersten Satz von Teilkanälen, und zum Zuordnen der kombinierten codierten Informationssymbole des zweiten Satzes zu dem zweiten Satz von Teilkanälen, derart, daß jedem Teilkanal ein kombiniertes codiertes Informationssymbol zugeordnet ist, so daß jedem Teilkanal des ersten Satzes von Teilkanälen sämtliche Informationen der Informationssymbole des ersten Satzes zugeordnet sind, und daß jedem Teilkanal des zweiten Satzes von Teilkanälen sämtliche Informationen der Informationssymbole des zweiten Satzes zugeordnet sind,

wobei sowohl der erste als auch der zweite Satz von Teilkanälen zumindest einen Teilkanal aufweisen, dessen Signal/Rausch-Verhältnis ohne das Kombinieren kleiner als ein Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis sein würde, das für das von dem Satz, zu dem dieser Teilkanal gehört, verwendete Codierverfahren minimal erforderlich ist, um eine vorbestimmte Zuverlässigkeit beim Decodieren der Informationssymbole zu erhalten, und dessen Signal-Rausch-Verhältnis aufgrund des Schritts des Kombinierens größer oder gleich dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei dem jedem Teilkanal des Übertragungskanals ein Träger mit einer eigenen Frequenz zugewiesen ist, bei der die Einrichtung zum Zuordnen eine Einrichtung (106) zum Aufprägen der kombinierten codierten Informationssymbole auf die entsprechenden Träger aufweist, um ein moduliertes Signal zu erzeugen, das die Folge von Informationssymbolen darstellt.



3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der das erste Codierverfahren (103a) ein Verfahren mit einer  $2^x$ -stufigen Quantelung des Signalraums ist, und bei dem das zweite Codierverfahren (103b) ein Verfahren mit einer  $2^x$ -Y-Quantelung des Signalraums ist, wobei gilt:  $x = 3$ ,  $x > y$ .
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Anzahl der Teilkanäle in einem Satz von Teilkanälen so gewählt ist, daß der Überschuß an Signal/Rausch-Verhältnis von Trägern in dem Satz im wesentlichen vollständig dazu verwendet wird, das Defizit an Signal/Rausch-Verhältnis des zumindest einen Teilkanals in dem Satz auszugleichen, derart, daß alle Teilkanäle in dem Satz ein Signal/Rausch-Verhältnis haben, das größer als das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist und möglichst nahe an dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis liegt.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, bei dem der Übertragungskanal (108) eine Mehrzahl von Trägern mit Trägerfrequenzen von einer unteren Grenzfrequenz zu einer oberen Grenzfrequenz aufweist, wobei der erste Satz von Teilkanälen Trägerfrequenzen von der unteren Grenzfrequenz bis zu einschließlich einer Mittenfrequenz aufweist, und wobei der zweite Satz von Teilkanälen Trägerfrequenzen oberhalb der Mittenfrequenz bis zu der oberen Grenzfrequenz aufweist, und wobei die Mittenfrequenz derart festgelegt wird, daß für den Parameter  $x = 3$  das Signal/Rausch-Verhältnis des Trägers mit der Mittenfrequenz aufgrund des Kombinierens mit der ersten Kombinationsvorschrift (104a) am nächsten bei dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis (300) für den ersten Satz von Teilkanälen ist, und wobei die obere Grenzfrequenz so festgelegt ist, daß das Signal/Rausch-Verhältnis des Trägers mit der Trägerfrequenz gleich der oberen Grenzfrequenz am nächsten bei dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis für den zweiten Satz von Teilkanälen liegt..

6. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem der Übertragungskanal eine Mehrzahl von Trägern mit Trägerfrequenzen von einer unteren Grenzfrequenz zu einer oberen Grenzfrequenz aufweist, wobei eine Anzahl von Einrichtungen zum Codieren vorhanden ist, und wobei eine gleich große Anzahl von Einrichtungen zum Kombinieren vorhanden ist, um die codierten Informationssymbole für die jeweiligen Sätze von Teilkanälen zu kombinieren, wobei diese Anzahl so gewählt ist, daß für den Satz, der die obere Grenzfrequenz aufweist, ein Codierverfahren mit einer größtmöglichen Quantelung in der entsprechenden Codiereinrichtung eingesetzt wird, und wobei zu kleineren Trägerfrequenzen hin immer ein um eine Stufe feineres Codierverfahren in einer entsprechenden Codiereinrichtung eingesetzt wird, so daß für den Träger bei der unteren Grenzfrequenz eine Codiereinrichtung eingesetzt wird, deren Quantelung maximal fein ist, derart, daß die Datenrate bezogen auf die gesamte Bandbreite des Kanals von der unteren Grenzfrequenz bis zur oberen Grenzfrequenz maximal ist.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die ferner eine Einrichtung zum Durchführen einer Vorwärtsfehlerkorrektur für Teilkanäle aufweist, wobei die Einrichtung zum Durchführen einer Vorwärtsfehlerkorrektur so ausgestaltet ist, daß ein Teil des Gewinns an Datenrate zu dem zumindest einen Teilkanal dazu verwendet wird, Redundanz in die Folge von Informationssymbolen einzufügen, während der Rest des Gewinns an Datenrate dazu verwendet wird, die Informationsrate zu erhöhen.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Übertragungscharakteristika der Teilkanäle, die das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis beeinflussen, bekannt sind, wobei die Informationsmengen der ersten und der zweiten Codiereinrichtung (103a, 103b) von vornherein

festgelegt sind, um eine bestimmte Informationsrate übertragen zu können.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Übertragungscharakteristika der Teilkanäle, die das Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis beeinflussen, grob abschätzbar sind, so daß die Informationsmengen und eine Zuweisung von Teilkanälen zu dem ersten und zweiten Satz von Teilkanälen so gewählt sind, daß die Signal/Rausch-Verhältnisse der Teilkanäle aufgrund des Kombinierens um einen Sicherheitsabstand über den geschätzten Grenz-Signal/Rausch-Verhältnissen für die Teilkanäle liegen.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der ein Teilkanal, von dem bekannt ist, daß er eine schlechte Übertragungscharakteristik hat, keinem Satz von Teilkanälen zugeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Teilkanäle gemäß ihrer im voraus bekannten Übertragungscharakteristika den Sätzen von Teilkanälen zugeordnet sind, so daß ein Satz von Teilkanälen Teilkanäle mit ähnlichen Übertragungscharakteristika aufweist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, die ferner eine Einrichtung zum dynamischen Erfassen des Übertragungskanals aufweist, und die ferner eine Einrichtung zum dynamischen Bestimmen der Informationsmenge, die durch die erste und zweite Codiereinrichtung (103a, 103b) zugewiesen wird, und zum dynamischen Zuweisen von Trägern zu dem ersten und zweiten Satz von Teilkanälen aufweist, so daß die Signal/Rausch-Verhältnisse der Teilkanäle aufgrund des Kombinierens immer größer oder gleich den Grenz-Signal/Rausch-Verhältnissen sind.
13. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, bei der die Einrichtung (106) zum Aufprägen der kombinierten Informationssymbole

auf die entsprechenden Träger eine Einrichtung zum Durchführen einer inversen diskreten Fourier-Transformation (IDFT) aufweist, welche bevorzugterweise in Form einer schnellen diskreten inversen Fourier-Transformation (Fast-DIFT) implementiert ist.

14. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die erste und die zweite Kombinationsvorschrift der Einrichtungen zum Kombinieren (104a, 104b) Kombinationsvorschriften zum im wesentlichen orthogonalen und im wesentlichen normierten, d. h. im wesentlichen orthonormalen oder unitären, Kombinieren der Informationssymbole ist.
15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, bei der die erste und die zweite Kombinationsvorschrift eine Hadarmard-Matrix oder eine Pseudo-Zufallsrauschen-Matrix (P) oder eine andere hinreichend orthonormale oder unitäre Matrix (P) sind, deren Matrixelemente den Betrag 1 oder näherungsweise den Betrag 1 aufweisen.
16. Vorrichtung zum Empfangen eines gesendeten Signals, das Informationen aufweist, wobei ein erster Satz von codierten Informationssymbolen des gesendeten Signals durch ein erstes Codierverfahren erzeugt ist, wobei das erste Codierverfahren einem codierten Informationssymbol des ersten Satzes von codierten Informationssymbolen eine erste Informationsmenge zugeordnet hat, und wobei ein zweiter Satz von codierten Informationssymbolen mittels eines zweiten Codierverfahrens erzeugt ist, wobei das zweite Codierverfahren einem codierten Informationssymbol des zweiten Satzes von codierten Informationssymbolen eine zweite Informationsmenge zugeordnet hat, die sich von der ersten Informationsmenge unterscheidet, wobei codierte Informationssymbole des ersten Satzes gemäß einer ersten Kombinationsvorschrift kombiniert sind, und wobei codierte Informationssymbole des zweiten

Satzes gemäß einer zweiten Kombinationsvorschrift kombiniert sind, wobei kombinierte codierte Informationssymbole des ersten Satzes zu einem ersten Satz von Teilkanälen zugeordnet sind, und wobei kombinierte codierte Informationssymbole des zweiten Satzes zu einem zweiten Satz von Teilkanälen zugeordnet sind, wobei sowohl der erste als auch der zweite Satz von Teilkanälen zumindest einen Teilkanal aufweisen, dessen Signal/Rausch-Verhältnis ohne den Schritt des Kombinierens kleiner als ein Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis sein würde, das für das von dem Satz, zu dem dieser Teilkanal gehört, verwendete Codierverfahren minimal erforderlich ist, um eine vorbestimmte Zuverlässigkeit beim Decodieren der Informationssymbole zu erhalten, und dessen Signal/Rausch-Verhältnis aufgrund des Schritts des Kombinierens größer oder gleich dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist, mit folgenden Merkmalen:

einer Einrichtung zum Extrahieren (110) der kombinierten codierten Informationssymbole der Teilkanäle aus dem empfangenen Signal unter Verwendung der Teilkanäle;

einer ersten Einrichtung zum Verarbeiten (114a) der kombinierten codierten Informationssymbole des ersten Satzes unter Verwendung einer ersten Verarbeitungsvorschrift, die invers zu der ersten Kombinationsvorschrift ist, um die codierten Informationssymbole des ersten Satzes zu erhalten;

einer zweiten Einrichtung zum Verarbeiten (114b) der kombinierten codierten Informationssymbole des zweiten Satzes unter Verwendung einer zweiten Verarbeitungsvorschrift, die invers zu der zweiten Kombinationsvorschrift ist, um codierte Informationssymbole des zweiten Satzes zu erhalten;

einer ersten Einrichtung zum Decodieren (115a) der co-

dierten Informationssymbole des ersten Satzes, um die Informationen, die den codierten Informationssymbolen des ersten Satzes zugeordnet sind, wiederzugewinnen, wobei die erste Einrichtung zum Decodieren angeordnet ist, um auch den zumindest einen Teilkanal des ersten Satzes von Teilkanälen zu decodieren; und

einer zweiten Einrichtung zum Decodieren (115b) der codierten Informationssymbole des zweiten Satzes, um die Informationen, die den codierten Informationssymbolen des zweiten Satzes zugeordnet sind, wiederzugewinnen, wobei die zweite Einrichtung zum Decodieren angeordnet ist, um auch den zumindest einen Teilkanal des zweiten Satzes von Teilkanälen zu decodieren.

17. Vorrichtung gemäß Anspruch 16, bei der die Einrichtung (110) zum Extrahieren der kombinierten codierten Informationssymbole eine Einrichtung zum Durchführen einer diskreten Fourier-Transformation (DFT) aufweist, welche bevorzugterweise in Form einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) implementiert ist.
18. Vorrichtung gemäß Anspruch 14 oder 15, bei der die erste und die zweite Kombinationsvorschrift eine Kombinationsvorschrift zum im wesentlichen orthogonalen und im wesentlichen normierten, d. h. im wesentlichen orthonormierten oder unitären, Kombinieren der Informationssymbole sind, und bei der die erste und die zweite Verarbeitungsvorschrift Umkehrungen dieser Kombinationsvorschriften sind.
19. Vorrichtung gemäß Anspruch 18, bei der die erste und die zweite Verarbeitungsvorschrift eine inverse Hadarmard-Matrix oder eine inverse Pseudo-Zufallsrauschen-Matrix, oder eine andere hinreichend orthonormale oder unitäre zur Kombinationsvorschrift hinreichend inverse Matrix ist, deren Matrixelemente einen Betrag von 1 oder nähe-

rungsweise 1 aufweisen.

20. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 14 bis 17, die ferner eine Einrichtung (112) zum Entzerren des empfangenen Signals aufweist, die derart ausgestaltet ist, daß sie die Amplituden der Signale der Teilkanäle normiert, wobei die Einrichtung zum Entzerren der Einrichtung (110) zum Extrahieren der kombinierten codierten Informationssymbole nachgeschaltet ist.
21. Verfahren zum Senden von Informationen über eine Mehrzahl von Teilkanälen, die unterschiedliche Übertragungscharakteristika aufweisen und zusammen einen Übertragungskanal bilden, mit folgenden Schritten:

Gruppieren (102) der Informationen in Zuordnung zu den Teilkanälen;

Codieren (103a) von einem ersten Satz von Teilkanälen zugeordneten Informationen mittels eines ersten Codierverfahrens, um einen ersten Satz von codierten Informationssymbolen zu erhalten, wobei ein erstes codiertes Informationssymbol des ersten Satzes von codierten Informationssymbolen eine erste Informationsmenge zugeordnet hat;

Codieren (103b) von einem zweiten Satz von Teilkanälen zugeordneten Informationen mittels eines zweiten Codierverfahrens, um einen zweiten Satz von codierten Informationssymbolen zu erhalten, wobei ein zweites codiertes Informationssymbol des zweiten Satzes von codierten Informationssymbolen eine zweite Informationsmenge zugeordnet hat, die sich von der ersten Informationsmenge unterscheidet;

Kombinieren (104a) der codierten Informationssymbole des ersten Satzes gemäß einer ersten Kombinationsvorschrift,

um einen ersten Satz von kombinierten codierten Informationssymbolen zu erzeugen, deren Anzahl gleich der Anzahl der Teilkanäle des ersten Satzes von Teilkanälen ist;

Kombinieren (104b) der codierten Informationssymbole des zweiten Satzes gemäß einer zweiten Kombinationsvorschrift, um einen zweiten Satz von kombinierten codierten Informationssymbolen zu erzeugen, deren Anzahl gleich der Anzahl der Teilkanäle des zweiten Satzes von Teilkanälen ist; und

Zuordnen (106) der kombinierten codierten Informationssymbole des ersten Satzes zu dem ersten Satz von Teilkanälen, und zum Zuordnen der kombinierten codierten Informationssymbole des zweiten Satzes zu dem zweiten Satz von Teilkanälen, derart, daß jedem Teilkanal ein kombiniertes codiertes Informationssymbol zugeordnet ist, so daß jedem Teilkanal des ersten Satzes von Teilkanälen sämtliche Informationen der Informationssymbole des ersten Satzes zugeordnet sind, und daß jedem Teilkanal des zweiten Satzes von Teilkanälen sämtliche Informationen der Informationssymbole des zweiten Satzes zugeordnet sind,

wobei sowohl der erste als auch der zweite Satz von Teilkanälen zumindest einen Teilkanal aufweisen, dessen Signal/Rausch-Verhältnis ohne das Kombinieren kleiner als ein Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis sein würde, das für das von dem Satz, zu dem dieser Teilkanal gehört, verwendete Codierverfahren minimal erforderlich ist, um eine vorbestimmte Zuverlässigkeit beim Decodieren der Informationssymbole zu erhalten, und dessen Signal-Rausch-Verhältnis aufgrund des Kombinierens größer oder gleich dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist.

22. Verfahren zum Empfangen eines gesendeten Signals, das



Informationen aufweist, wobei ein erster Satz von codierten Informationssymbolen des gesendeten Signals durch ein erstes Codierverfahren erzeugt ist, wobei das erste Codierverfahren einem codierten Informationssymbol des ersten Satzes von codierten Informationssymbolen eine erste Informationsmenge zugeordnet hat, und wobei ein zweiter Satz von codierten Informationssymbolen mittels eines zweiten Codierverfahrens erzeugt ist, wobei das zweite Codierverfahren einem codierten Informationssymbol des zweiten Satzes von codierten Informationssymbolen eine zweite Informationsmenge zugeordnet hat, die sich von der ersten Informationsmenge unterscheidet, wobei codierte Informationssymbole des ersten Satzes gemäß einer ersten Kombinationsvorschrift kombiniert sind, und wobei codierte Informationssymbole des zweiten Satzes gemäß einer zweiten Kombinationsvorschrift kombiniert sind, wobei kombinierte codierte Informationssymbole des ersten Satzes zu einem ersten Satz von Teilkanälen zugeordnet sind, und wobei kombinierte codierte Informationssymbole des zweiten Satzes zu einem zweiten Satz von Teilkanälen zugeordnet sind, wobei sowohl der erste als auch der zweite Satz von Teilkanälen zumindest einen Teilkanal aufweisen, dessen Signal/Rausch-Verhältnis ohne den Schritt des Kombinierens kleiner als ein Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis sein würde, das für das von dem Satz, zu dem dieser Teilkanal gehört, verwendete Codierverfahren minimal erforderlich ist, um eine vorbestimmte Zuverlässigkeit beim Decodieren der Informationssymbole zu erhalten, und dessen Signal/Rausch-Verhältnis aufgrund des Schritts des Kombinierens größer oder gleich dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist, mit folgenden Schritten:

Extrahieren (110) der kombinierten codierten Informationssymbole der Teilkanäle aus dem gesendeten Signal unter Verwendung der Teilkanäle;

Verarbeiten (114a) der kombinierten codierten Informationssymbole des ersten Satzes unter Verwendung einer ersten Verarbeitungsvorschrift, die invers zu der ersten Kombinationsvorschrift ist, um die codierten Informationssymbole des ersten Satzes zu erhalten;

Verarbeiten (114b) der kombinierten codierten Informationssymbole des zweiten Satzes unter Verwendung einer zweiten Verarbeitungsvorschrift, die invers zu der zweiten Kombinationsvorschrift ist, um codierte Informationssymbole des zweiten Satzes zu erhalten;

Decodieren (115a) der codierten Informationssymbole des ersten Satzes, um die Informationen, die den codierten Informationssymbolen des ersten Satzes zugeordnet sind, wiederzugewinnen, wobei die erste Einrichtung zum Decodieren angeordnet ist, um auch den zumindest einen Teilkanal des ersten Satzes von Teilkanälen zu decodieren; und

Decodieren (115b) der codierten Informationssymbole des zweiten Satzes, um die Informationen, die den codierten Informationssymbolen des zweiten Satzes zugeordnet sind, wiederzugewinnen, wobei die zweite Einrichtung zum Decodieren angeordnet ist, um auch den zumindest einen Teilkanal des zweiten Satzes von Teilkanälen zu decodieren.

23. Verfahren nach Anspruch 22, das ferner vor den Schritten des Verarbeitens folgenden Schritt aufweist:

Normieren (112) der Teilkanäle, derart, daß jeder Teilkanal nach dem Normieren die im wesentliche gleiche Leistung aufweist.

Vorrichtung und Verfahren zum Senden und  
Vorrichtung und Verfahren zum Empfangen

Zusammenfassung

Bei einer Vorrichtung zum Senden einer Folge von Informationssymbolen über eine Mehrzahl von Teilkanälen, die unterschiedliche Übertragungscharakteristika aufweisen und zusammen einen Übertragungskanal bilden, wird die Folge von Informationssymbolen gruppiert (102), wonach ein erster Satz und ein zweiter Satz der Informationssymbole mittels unterschiedlicher Codierverfahren codiert werden (103a, 103b). Die codierten Informationssymbole werden hierauf satzweise kombiniert (104a, 104b) und über einen Kanal mit zwei Sätzen von Teilkanälen übertragen, wobei sowohl der erste als auch der zweite Satz von Teilkanälen zumindest einen Teilkanal aufweisen, dessen Signal/Rausch-Verhältnis ohne das Kombinieren kleiner als ein Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis sein würde, das für das von dem Satz, zu dem dieser Teilkanal gehört, verwendete Codierverfahren minimal erforderlich ist, um eine vorbestimmte Zuverlässigkeit beim Decodieren der Informationssymbole zu erhalten, und dessen Signal-Rausch-Verhältnis aufgrund des Schritts des Kombinierens größer oder gleich dem Grenz-Signal/Rausch-Verhältnis ist. Das erfindungsgemäße Konzept des Sendens und Empfangens erlaubt aufgrund des zumindest einen Teilkanals in jedem Satz aufgrund des satzweisen Kombinierens eine erhöhte Übertragungsrate.

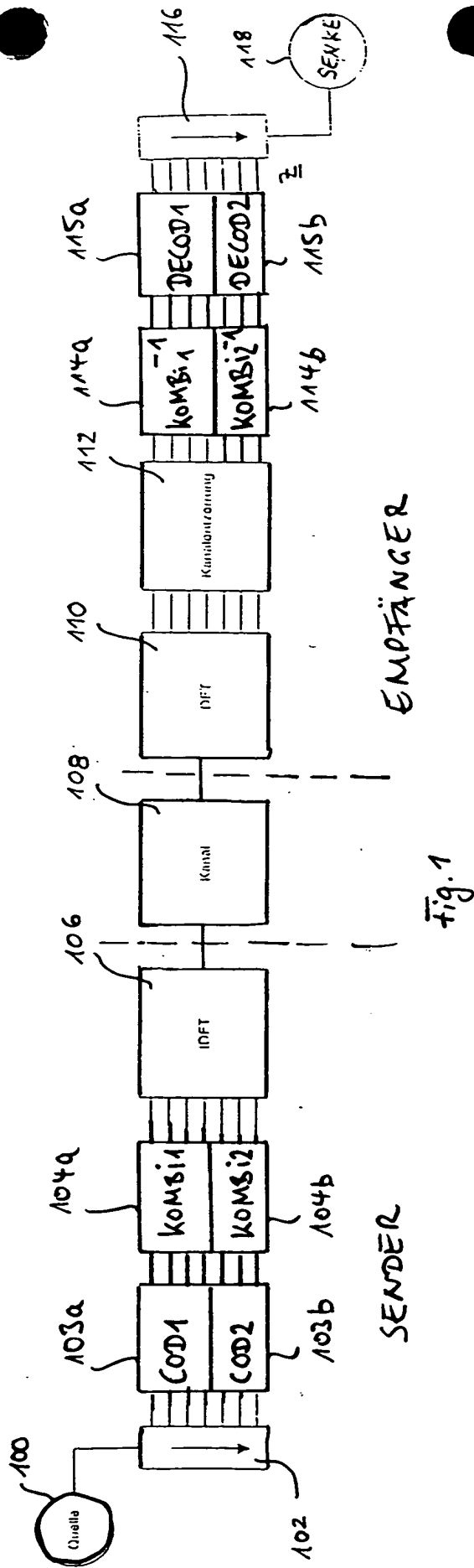


Fig. 1

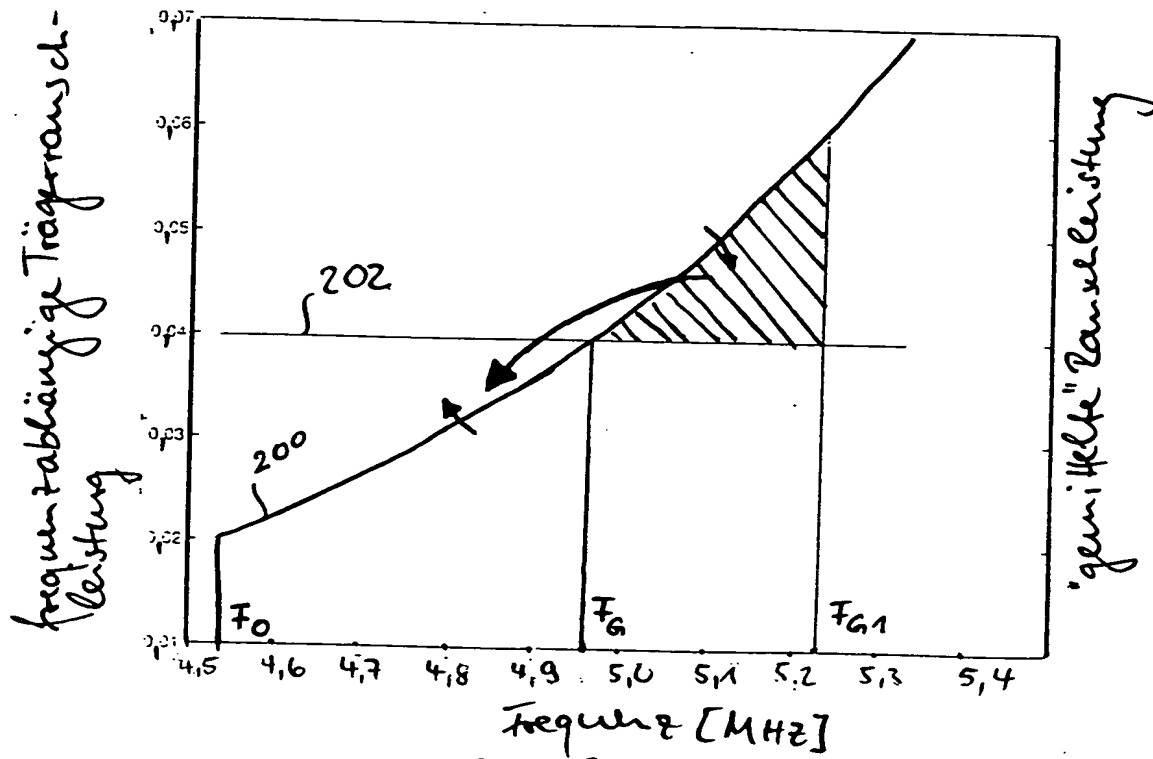


Fig. 2

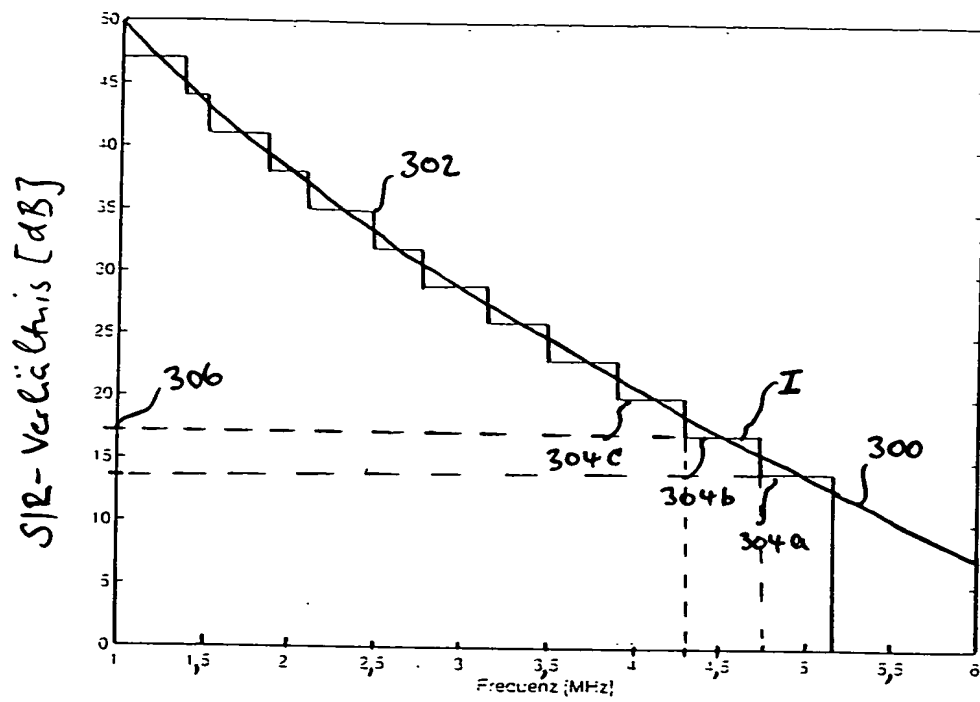


Fig. 3

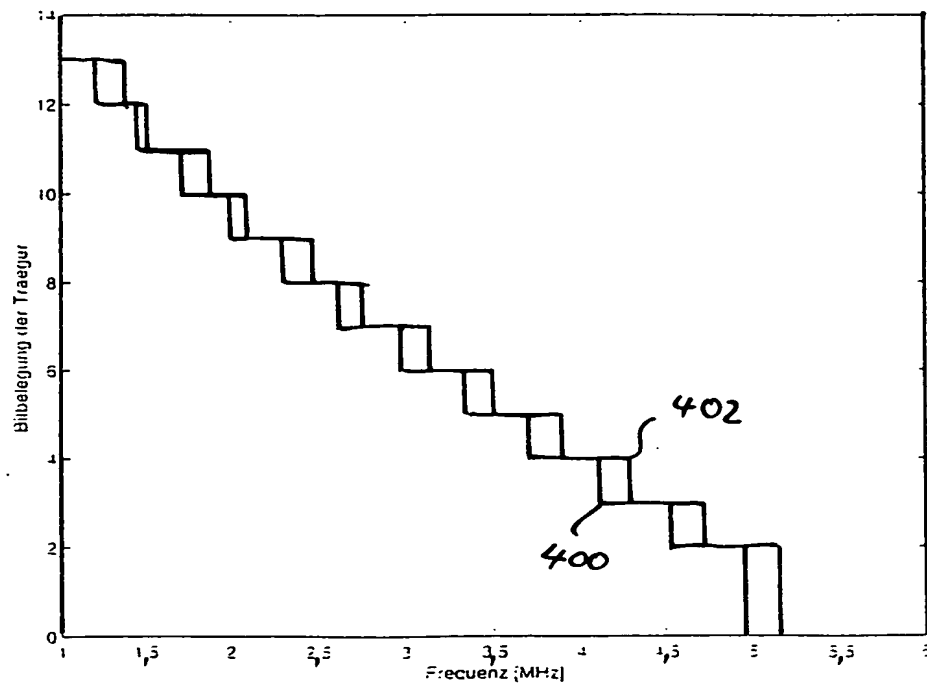
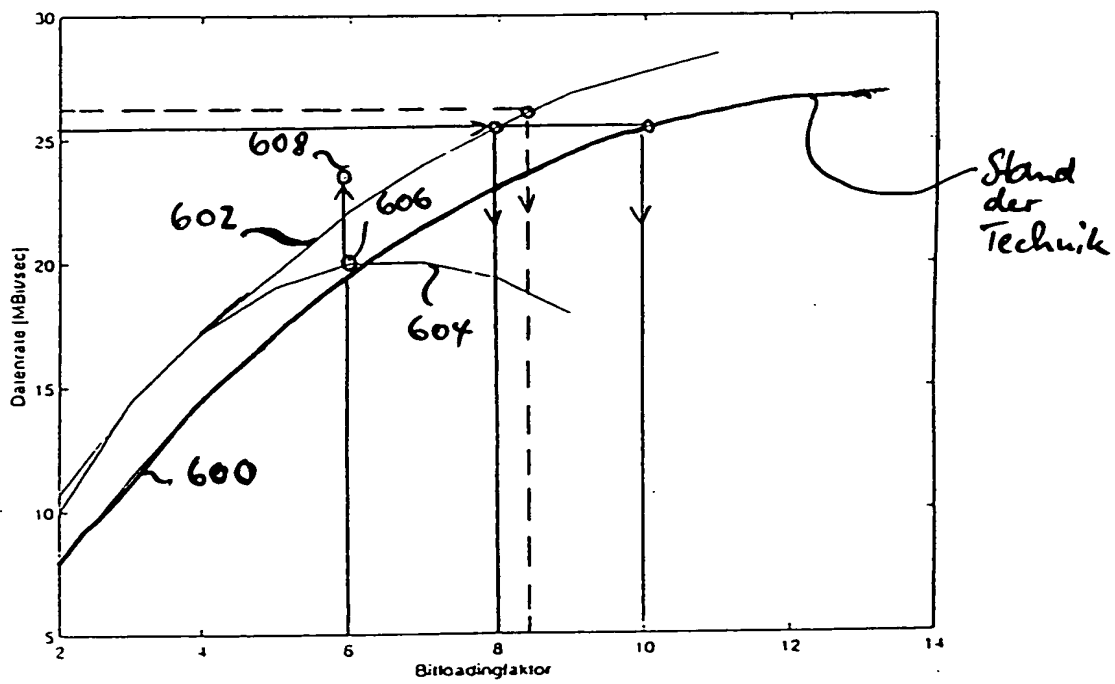
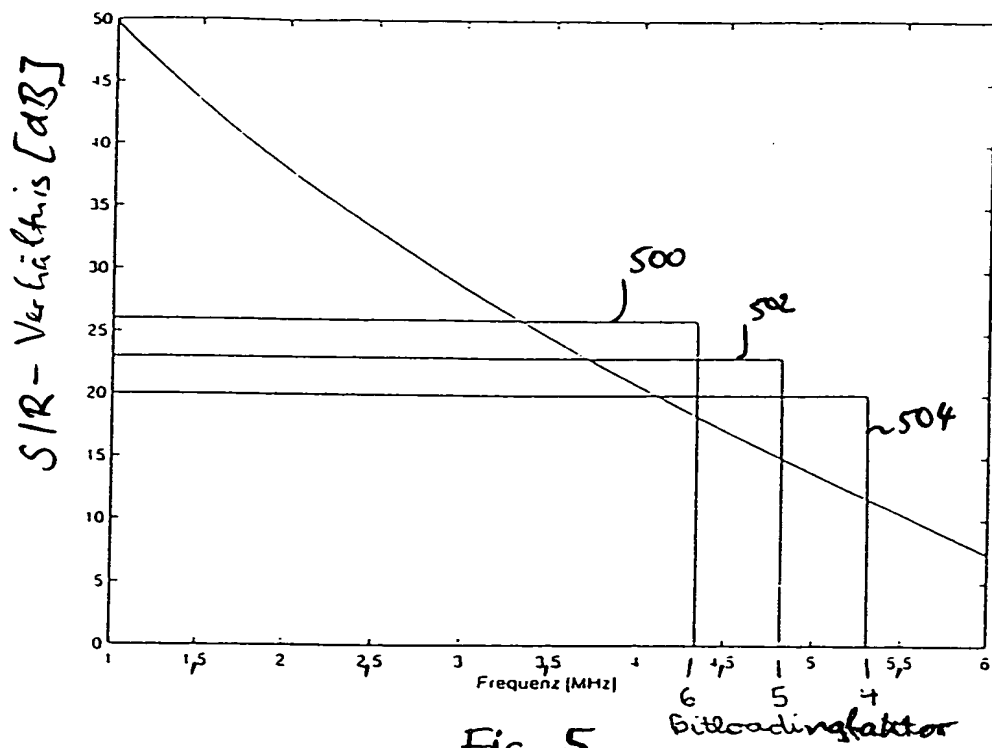


Fig. 4



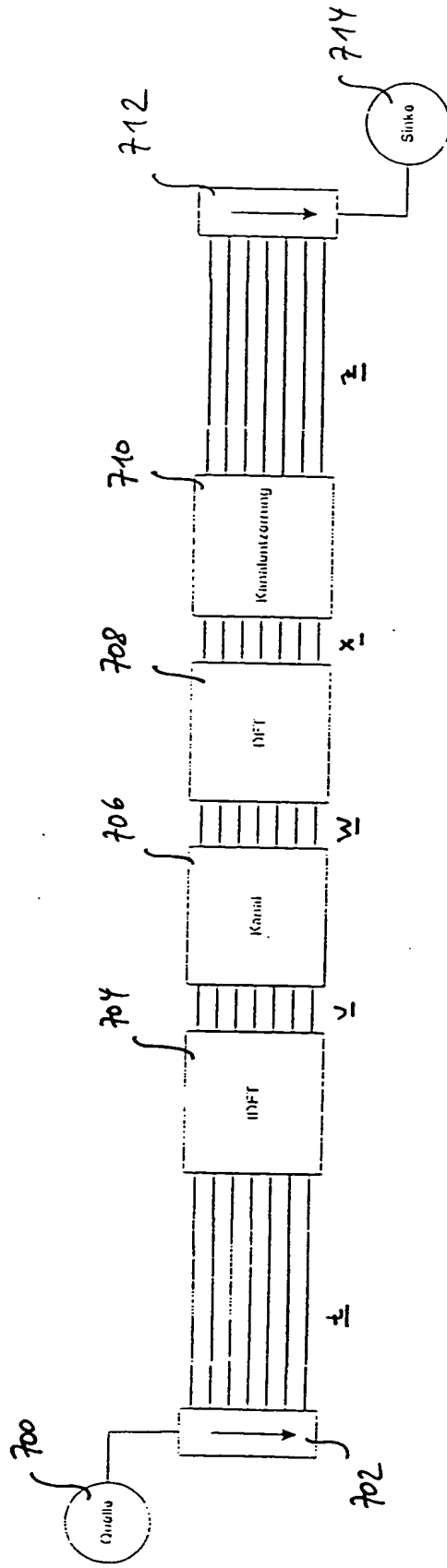
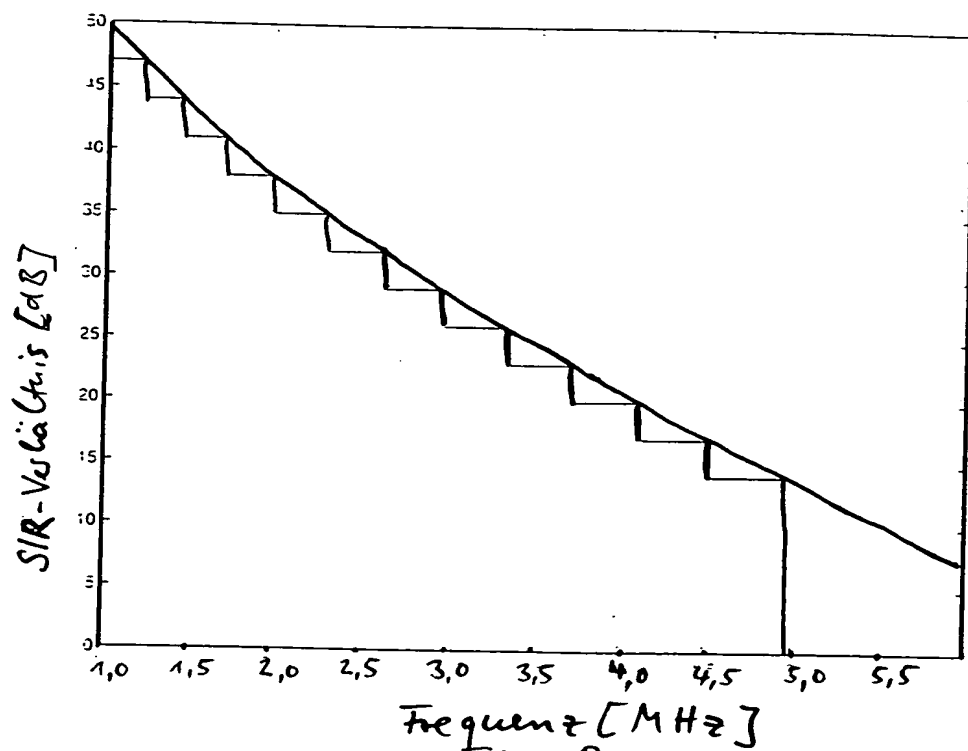


Fig. 7 (Stand der Technik)





Frequenz [MHz]

Fig. 8 (Stand der Technik)